



(43) 国際公開日
2000 年 12 月 28 日 (28.12.2000)

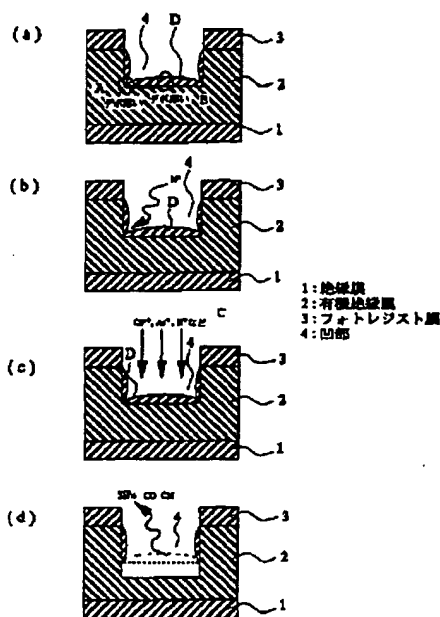
PCT

(10) 国際公開番号
WO 00/79586 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/768, 21/3065
(21) 国際出願番号: PCT/JP00/04046
(22) 国際出願日: 2000 年 6 月 21 日 (21.06.2000)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願平11/178080 1999 年 6 月 24 日 (24.06.1999) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒101-8010 東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地 Tokyo (JP). 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ (HITACHI ULSI SYSTEMS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒187-8522 東京都小平市上水本町 5 丁目 22 番 1 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 宇野正一 (UNO, Shoichi) [JP/JP]. 湯之上隆 (YUNOGAMI, Takashi) [JP/JP]. 野尻一男 (NOJIRI, Kazuo) [JP/JP]. 徳永尚文 (TOKUNAGA, Takafumi) [JP/JP]; 〒198-8512 東京都青梅市新町六丁目 16 番地の 3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内 Tokyo (JP). 前川厚志 (MAEKAWA, Atsushi) [JP/JP]; 〒187-8522 東京都小平市上水本町 5 丁目 22 番 1 号 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ内 Tokyo (JP). 田子一農 (TAGO, Kazutami) [JP/JP]; 〒319-1292 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所日立研究所内 Ibaraki (JP). 町田俊太郎 (MACHIDA, Jun太郎) [続葉有]

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT DEVICE AND SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体集積回路装置の製造方法および半導体集積回路装置



- A...THIN DEPOSITION
B...THICK DEPOSITION
C...N' OR THE LIKE
1...INSULATING FILM
2...ORGANIC INSULATING FILM
3...PHOTORESIST FILM
4...RECESS

(57) Abstract: A production method for a semiconductor integrated circuit device, which forms a buried wiring structure by burying a conductor film in a recess (4) such as a groove and hole formed in an organic insulating film (2) mainly consisting of organic siloxane constituting an interlayer insulating film, wherein, when a recess (4) such as a groove and hole is to be formed in an organic insulating film (2) with a photoresist film (3), formed previously on the organic insulating film (2), as an etching mask, a plasma dry etching using CF-based gas/N₂/Ar gas is effected to prevent an abnormal shape from being formed on the bottom of the recess (4) to thereby form the recess (4).

[続葉有]

WO 00/79586 A1

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(74) 代理人: 筒井大和(TSUTSUI, Yamato); 〒160-0023 東京都新宿区西新宿7丁目22番45号 N.S. Excel 301 筒井
国際特許事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類：
一 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(81) 推定国 (国内): CN, JP, KR, SG, US.

(57) 要約:

層間絶縁膜を構成する有機シロキサンを主成分とする有機絶縁膜 2 に形成された溝や孔等のような凹部 4 内に導体膜を埋め込むことで埋込配線構造を構成する半導体集積回路装置の製造方法において、有機絶縁膜 2 上にフォトリソ膜 3 を形成した後、そのフォトリソ膜 3 をエッチングマスクとして有機絶縁膜 2 に溝や孔等のような凹部 4 を形成する際に、その凹部 4 の底部に異常形状が形成されるのを抑制するために、CF 系のガス／N₂／Ar ガスを用いたプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部 4 を形成した。

(19) 日本国特許庁 (J P)

再公表特許 (A 1)

(11) 国際公開番号

W O 0 0 / 0 7 9 5 8 6

発行日 平成15年1月21日 (2003. 1. 21)

(43) 国際公開日 平成12年12月28日 (2000. 12. 28)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 1 L 21/768

H 0 1 L 21/90

S

21/3065

21/302

J

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 191 頁)

出願番号 特願2001-505055(P2001-505055)
 (21) 国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 4 0 4 6
 (22) 国際出願日 平成12年6月21日 (2000. 6. 21)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-178080
 (32) 優先日 平成11年6月24日 (1999. 6. 24)
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)
 (81) 指定国 E P (A T, B E, C H, C Y, D E, D K, E S, F I, F R, G B, G R, I E, I T, L U, M C, N L, P T, S E), C N, J P, K R, S G, U S

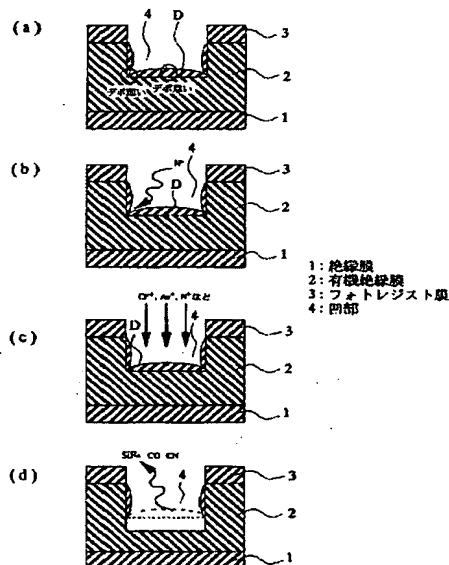
(71) 出願人 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
 (71) 出願人 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ
 東京都小平市上水本町5丁目22番1号
 (72) 発明者 宇野 正一
 東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式会社日立製作所 デバイス開発センタ内
 (72) 発明者 前川 厚志
 東京都小平市上水本町5丁目22番1号 株式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ内
 (74) 代理人 弁理士 筒井 大和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路装置の製造方法および半導体集積回路装置

(57) 【要約】

層間絶縁膜を構成する有機シロキサンを主成分とする有機絶縁膜2に形成された溝や孔等のような凹部4内に導体膜を埋め込むことで埋込配線構造を構成する半導体集積回路装置の製造方法において、有機絶縁膜2上にフォトレジスト膜3を形成した後、そのフォトレジスト膜3をエッチングマスクとして有機絶縁膜2に溝や孔等のような凹部4を形成する際に、その凹部4の底部に異常形状が形成されるのを抑制するために、C F系のガス／N₂／A r ガスを用いたプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部4を形成した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

- (a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、有機シロキサンを主成分とする第 1 の絶縁膜を形成する工程；
- (b) 前記第 1 の絶縁膜上に、パターンニングされたマスク層を形成する工程；
- (c) 前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中において、前記第 1 の絶縁膜に対してプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 1 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成する工程。

【請求項 2】 請求項 1 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気最大のガス成分はアルゴンガスであることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 3】 請求項 2 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気は酸素ガスを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 4】 請求項 2 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気は酸素ガスを実質的に含まないことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 5】 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

- (a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、第 1 の有機シロキサンを主成分とする第 1 の絶縁膜を形成する工程；
- (b) 前記第 1 の絶縁膜上に、前記第 1 の有機シロキサンと比較して、炭素含有量が低い第 2 の有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜を形成する工程。

【請求項 6】 請求項 5 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 2 の絶縁膜は前記第 1 の絶縁膜と比較して、膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 7】 請求項 6 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1

の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して、炭素含有量が50%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項8】請求項6記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して、炭素含有量が100%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項9】以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、パターニングされたマスキング層を形成する工程；

(c) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび異常形状が実質的に発生しない程度に酸素ガスを含むガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜に対してプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程。

【請求項10】請求項9記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記フロロカーボンガスに対する前記酸素ガスの比を1.0以下としたことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項11】請求項9記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記フロロカーボンガスに対する前記酸素ガスの比を0.9以下としたことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項12】請求項9記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記フロロカーボンガスに対する前記酸素ガスの比を0.8以下としたことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項13】以下の工程を含み、埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成する有機シロキサンを主成分

とする第 2 の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上にパターンニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、第 1 のガス雰囲気中において、前記第 2 の絶縁膜に対して第 1 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 2 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成する工程；

(e) 前記第 1 の凹部が形成された状態で、第 2 のガス雰囲気中において、前記第 1 のプラズマエッチング処理に比較して、前記第 1 の絶縁膜に対する前記第 2 の絶縁膜のエッチング選択比が相対的に大きい条件下において、前記第 1 の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第 2 の絶縁膜に対して第 2 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項 1 4】請求項 1 3 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程 (d) の終了時には、前記第 2 の絶縁膜の初期の厚さと比較して、前記凹部底面の前記第 2 の絶縁膜の厚さは 30 % 以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 5】請求項 1 3 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程 (d) の終了時には、前記第 2 の絶縁膜の初期の厚さと比較して、前記凹部底面の前記第 2 の絶縁膜の厚さは 20 % 以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 6】請求項 1 3 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程 (d) の終了時には、前記凹部底面の前記第 2 の絶縁膜の厚さは 15 % 以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 7】請求項 1 4 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 1 8】以下の構成を有することを特徴とする半導体集積回路装置；

(a) 半導体集積回路チップの第 1 主面上に設けられ、第 1 の有機シロキサンを主成分とする第 1 の絶縁膜；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に設けられ、前記第 1 の有機シロキサンと比較して、炭素含有量が低い第 2 の有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜。

【請求項 19】請求項 18 記載の半導体集積回路装置において、前記第 2 の絶縁膜は、前記第 1 の絶縁膜に比較して、膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 20】請求項 19 記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して、炭素含有量が 50% 以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 21】請求項 19 記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して、炭素含有量が 100% 以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 22】以下の構成を有することを特徴とする半導体集積回路装置；

(a) 半導体集積回路チップの第 1 主面上に設けられ、シリコン窒化物またはシリコン酸窒化物からなり、第 1 の開口を有する第 1 のシリコン窒化膜；

(b) 前記第 1 のシリコン窒化膜上に設けられ、前記第 1 のシリコン窒化膜よりも誘電率が小さい第 1 の有機シロキサンを主成分とし、前記第 1 の開口に連結した第 2 の開口を有する第 2 の絶縁膜；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上に設けられ、前記第 1 のシリコン窒化膜よりも誘電率が小さい絶縁膜を主な構成膜とし、前記第 2 の開口に連結し前記第 1 の開口とともに第 1 のスルーホールを形成する第 3 の開口およびそれに連結した第 1 の配線埋込溝を有するとともに、前記第 2 の絶縁膜よりも厚い第 1 の層間絶縁膜；

(d) 前記第 1 のスルーホールの底面および内側面並びに前記第 1 の配線埋込溝の底面および内側面を覆うように設けられた第 1 の導電性バリア層；

(e) 前記第 1 の導電性バリア層が設けられた前記第 1 のスルーホール内および前記第 1 の配線埋込溝内に埋め込まれた銅を主成分とする第 1 の配線領域。

【請求項 23】請求項 22 記載の半導体集積回路装置において、前記第 2 の絶縁膜は、前記第 1 のシリコン窒化膜よりも厚いことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 24】請求項 23 記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 の層間絶縁膜は、前記第 1 の有機シロキサンと比較して炭素数が少ない第 2 の有機シロキサンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項 25】以下の工程を含み、埋込配線を有する半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成するための有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターンニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項 26】請求項 25 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 27】請求項 26 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1のガス雰囲気の最大のガス成分はアルゴンガスであることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 28】請求項 27 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1のガス雰囲気は酸素ガスを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 29】請求項 27 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1のガス雰囲気は酸素ガスを実質的に含まないことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 30】以下の工程を含み、埋込配線を有する半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線の層間絶縁膜を形成し、第1の有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成し、前記第1の絶縁膜よりも膜厚が薄い、前記第1の有機シロキサンとは成分が異なる第2の有機シロキサン

を主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターンニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンを含むエッチングガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項31】請求項30記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第2の絶縁膜は、前記第1の絶縁膜に比較して膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項32】請求項31記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して炭素含有量が5.0%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項33】請求項31記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して炭素含有量が100%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項34】請求項31記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程(d)における前記第2の絶縁膜の前記第1の絶縁膜に対するエッチング選択比は4以上であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項35】請求項31記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程(d)における前記第2の絶縁膜の前記第1の絶縁膜に対するエッチング選択比は5以上であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項36】以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線メタルを一度に埋め込むデュアルダマシンの埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成する有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスク層を形成する工程；

(d) 前記マスク層が有る状態で、第1のガス雰囲気中において、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程；

(e) 前記第1の凹部が形成された状態で、第2のガス雰囲気中において、前記第1のプラズマエッチング処理に比較して、前記第1の絶縁膜に対する前記第2の絶縁膜のエッチング選択比が相対的に大きい条件下で、前記第2の絶縁膜に対して第2のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項37】請求項36記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項38】以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線メタルを一度に埋め込むデュアルダマシンの埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を形成するための第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成するための有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスク層を形成する工程；

(d) 前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項39】請求項38記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項40】以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋

込配線とを形成するための導体膜を一度に埋め込むデュアルダマシンの埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線の層間絶縁膜を構成し、第1の有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成し、前記第1の絶縁膜よりも膜厚が薄い、前記第1の有機シロキサンとは成分が異なる第2の有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターンニングされたマスク層を形成する工程；

(d) 前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【発明の詳細な説明】**技術分野**

本発明は、半導体集積回路装置の製造方法および半導体集積回路装置技術に関し、特に、半導体集積回路装置における多層配線の形成方法に適用して有効な技術に関するものである。

背景技術

半導体集積回路装置の素子集積度の向上や半導体チップのサイズの縮小等に伴い、半導体集積回路装置を構成する配線の微細化および多層化が進められている。特に、多層配線構造を有するロジック系の半導体集積回路装置においては、配線遅延が半導体集積回路装置全体の信号遅延の支配的要因の1つとなっている。この配線を流れる信号の速度は、配線抵抗と配線容量とに強く依存していることから配線遅延を改善するために配線抵抗と配線容量とを低減することが重要である。

配線抵抗の低減に関しては、配線材料に銅系材料（銅または銅合金）を用いたダマシン（Damascene）法の適用が進められている。このダマシン法は、絶縁膜に配線形成用の溝を形成した後、その絶縁膜上および配線形成用の溝内に配線形成用の導体膜を被着し、さらに、その導体膜の不要な部分を化学的機械研磨法（CMP；Chemical Mechanical Polishing）等により除去し、上記溝内のみに導体膜を残し、配線形成用の溝内に埋込配線を形成する方法である。この方法によれば、エッチング法による微細加工が困難な銅系材料の配線を形成することができる。

また、このダマシン法の応用であるデュアルダマシン法（Dual-Damascene）は、絶縁膜に配線形成用の溝およびその溝の底部から下層の接続部に延びるコンタクトホールまたはスルーホール等のような孔を形成した後、その絶縁膜上、配線形成用の溝および孔内に配線形成用の導体膜を被着し、さらに、その導体膜の不要な部分をCMP法等によって除去することで上記溝および孔内のみに導体膜を残すことにより、配線形成用の溝内に埋込配線を形成し、かつ、その孔内にプラグを形成する方法である。この方法によれば、配線形成工程数を削減することができるので、半導体集積回路装置の製造コストの低減を図ること

ができる。

このようなデュアルダマシン法については、例えば特開平9-306988号公報に記載があり、第1の層間絶縁膜とその上の第2の層間絶縁膜との間に、孔穿孔用の開口部が形成されたエッチングストッパ用の絶縁膜を設けておき、第2の層間絶縁膜にフォトレジスト膜を用いて溝を形成する際に、エッチングストッパ用の絶縁膜をエッチングストッパとして、その絶縁膜の孔穿孔用の開口部から露出する第1の層間絶縁膜に孔を穿孔する方式のデュアルダマシン法が開示されている。また、例えば特開平10-209273号公報には、層間絶縁膜に溝を形成した後、その溝の底部から下方に延びる孔を穿孔する方式のデュアルダマシン法が開示されている。

一方、配線容量の低減に関しては、上記絶縁膜として酸化シリコン膜にメチル基を含む有機SOG(Spin On Glass)膜を用いる技術がある。この有機SOG膜は、誘電率が低いので半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げる事が可能となる。誘電率の低い絶縁膜を層間絶縁膜として用いる技術については、例えば株式会社プレスジャーナル社、平成10年10月20日発行、「月刊セミコンダクタワールド11月号」p74から76に記載があり、ダマシン法またはデュアルダマシン法を用いた配線構造用の層間絶縁膜として用いられる種々の無機系および有機系の層間絶縁膜について開示されている。また、例えば特開平9-293780号公報には、通常の配線構造の層間絶縁膜として、有機SOG膜を用いた半導体集積回路装置技術について開示されている。また、例えば特開平11-67909号公報には、有機系低誘電率膜に溝や孔等をエッチングにより形成すると、その溝や孔の側面が平面方向に等方的に削れてしまう問題が開示されており、それを解決するためにオーバエッチング処理に際してフォーミングガスを用いる技術が開示されている。さらに、例えば特開平8-316209号公報には、有機高分子系の絶縁膜のエッチング処理に際して、酸化シリコン膜のエッチング処理と同様のCF系またはCHF系ガスを用いたプラズマエッチング処理を施すと、有機高分子系の絶縁膜に形成される溝や孔の底面や側面に炭素系堆積物が形成される結果、エッチングレートが低下や加工形状が劣化する課題が開示されており、それを解決するために有機高分子系の絶縁膜をエ

ッチングする際に酸素系ガスを用いたプラズマエッチング処理を施したり、プラズマ中のC/F比を低下させた条件でプラズマエッチング処理を施す技術が開示されている。

ところで、上記ダマシン法やデュアルダマシン法においては、層間絶縁膜に配線形成用の溝や孔を形成する際に、その掘り過ぎにより下層に損傷を与えたり加工寸法精度が劣化したりする等を回避するために、層間絶縁膜の下層にエッチングストップ用の絶縁膜を形成している。層間絶縁膜を酸化シリコン膜等で構成する技術では、上記エッチングストップ用の絶縁膜として窒化シリコン膜を使用している。しかし、窒化シリコン膜は誘電率が高い（7程度）ので、配線全体の誘電率を下げる観点からは極力薄くする必要性がある。そこで、酸化シリコン膜等からなる層間絶縁膜に溝や孔を形成する際に、例えば C_xF_y 系のガスおよび酸素ガスを用いることにより、層間絶縁膜とエッチングストップ用の絶縁膜とのエッチング選択比が高くなるようなエッチング条件とする技術が採用されている。

ところが、本発明者らは、有機系の絶縁膜に、上記したエッチングガスとして C_xF_y および O_2 ガスを用いた高選択なエッチング処理を施し、溝や孔等を形成しようとする、溝や孔の底部外周に、溝や孔の底部中央の深さよりも相対的に深い溝（サブトレンチ）が形成されてしまう問題があることを見出した。これを回避するために選択性の低いエッチングガスを用いると上記エッチングストップ用の絶縁膜を厚くしなければならず、その結果、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率が増大する課題がある。

そこで、本発明の目的は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜にエッチング処理によって凹部を形成する際に、凹部の底部に異常形状が形成されるのを抑制することのできる技術を提供することにある。

また、本発明の目的は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜にエッチング処理によって凹部を形成する際に、エッチングストップ膜に対して高いエッチング選択比を確保した状態で、凹部の底に異常形状が形成されるのを抑制することのできる技術を提供することにある。

また、本発明の目的は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に微細な凹部を形成することのできる技術を提供することにある。

また、本発明の目的は、半導体集積回路装置の配線における総合的な誘電率を低減することのできる技術を提供することにある。

本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

発明の開示

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

すなわち、本発明は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマエッチング処理を施すことにより、その有機絶縁膜に配線形成用の溝や孔等のような凹部を形成する工程を有するものである。

また、本発明は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマエッチング処理を施すことにより、その有機絶縁膜に配線形成用の溝や孔等のような凹部を形成する際に、そのエッチング処理中にエッチング条件を変えて複数段階に分けてエッチング処理を行うものである。

また、本発明は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマエッチング処理を施すことにより、その有機絶縁膜に配線形成用の溝や孔等のような凹部を形成する際に、フロロカーボンガスと酸素ガスとの流量比を所定値にした状態で、凹部を形成するものである。

また、本発明は、層間絶縁膜を構成する有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成する際にエッチングストップとして用いた絶縁膜を、層間絶縁膜を構成する有機シロキサンを主成分とする絶縁膜よりも有機量の多い絶縁膜によって構成するものである。

本願において開示される発明のうち他の概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

1. 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、有機シロキサンを主成分とする第1

の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、パターニングされたマスク層を形成する工程；

(c) 前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜に対してプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程。

2. 前記1項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気最大のガス成分はアルゴンガスであることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

3. 前記1または2項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気は酸素ガスを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

4. 前記1または2項記載の半導体集積回路装置において、前記ガス雰囲気は酸素ガスを実質的に含まないことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

5. 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、第1の有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記第1の有機シロキサンと比較して、炭素含有量が低い第2の有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程。

6. 前記5項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第2の絶縁膜は前記第1の絶縁膜に比較して、膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

7. 前記5または6項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して、炭素含有量が50%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

8. 前記5または6項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して、炭素含有量が100%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

9. 以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、パターニングされたマスク層を形成する工程；

(c) 前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび異常形状が実質的に発生しない程度に酸素ガスを含むガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜に対してプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程。

10. 前記9項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記フロロカーボンガスに対する前記酸素ガスの比を1.0以下としたことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

11. 前記9項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記フロロカーボンガスに対する前記酸素ガスの比を0.9以下としたことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

12. 前記9項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記フロロカーボンガスに対する前記酸素ガスの比を0.8以下としたことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

13. 以下の工程を含み、埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成する有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスク層を形成する工程；

(d) 前記マスク層が有る状態で、第1のガス雰囲気中において、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程；

(e) 前記第1の凹部が形成された状態で、第2のガス雰囲気中において、前記第1のプラズマエッチング処理と比較して、前記第1の絶縁膜に対する前記第2

の絶縁膜のエッチング選択比が相対的に大きい条件下において、前記第 1 の絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第 2 の絶縁膜に対して第 2 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

14. 前記 13 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) の終了時には、前記第 2 の絶縁膜の初期の厚さと比較して、前記凹部底面の前記第 2 の絶縁膜の厚さは 30 % 以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

15. 前記 13 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) の終了時には、前記第 2 の絶縁膜の初期の厚さと比較して、前記凹部底面の前記第 2 の絶縁膜の厚さは 20 % 以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

16. 前記 13 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) の終了時には、前記凹部底面の前記第 2 の絶縁膜の厚さは 15 % 以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

17. 前記 13、14、15 または 16 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

18. 以下の構成を有することを特徴とする半導体集積回路装置；

(a) 半導体集積回路チップの第 1 主面上に設けられ、第 1 の有機シロキサンを主成分とする第 1 の絶縁膜；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に設けられ、前記第 1 の有機シロキサンと比較して、炭素含有量が低い第 2 の有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜。

19. 前記 18 項記載の半導体集積回路装置において、前記第 2 の絶縁膜は、前記第 1 の絶縁膜に比較して、膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置。

20. 前記 18 または 19 項記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して、炭素含有量が 50 % 以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置。

21. 前記 18 または 19 項記載の半導体集積回路装置において、前記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して、炭素含有量が 100 % 以上多いことを特

徴とする半導体集積回路装置。

22. 以下の構成を有することを特徴とする半導体集積回路装置；

(a) 半導体集積回路チップの第1主面上に設けられ、シリコン窒化物またはシリコン酸窒化物からなり、第1の開口を有する第1のシリコン窒化膜；

(b) 前記第1のシリコン窒化膜上に設けられ、前記第1のシリコン窒化膜よりも誘電率が小さい第1の有機シロキサンを主成分とし、前記第1の開口に連結した第2の開口を有する第2の絶縁膜；

(c) 前記第2の絶縁膜上に設けられ、前記第1のシリコン窒化膜よりも誘電率が小さい絶縁膜を主な構成膜とし、前記第2の開口に連結し前記第1の開口とともに第1のスルーホールを形成する第3の開口およびそれに連結した第1の配線埋込溝を有するとともに、前記第2の絶縁膜よりも厚い第1の層間絶縁膜；

(d) 前記第1のスルーホールの底面および内側面並びに前記第1の配線埋込溝の底面および内側面を覆うように設けられた第1の導電性バリア層；

(e) 前記第1の導電性バリア層が設けられた前記第1のスルーホール内および前記第1の配線埋込溝内に埋め込まれた銅を主成分とする第1の配線領域。

23. 前記22項記載の半導体集積回路装置において、前記第2の絶縁膜は、前記第1のシリコン窒化膜よりも厚いことを特徴とする半導体集積回路装置。

24. 前記23項記載の半導体集積回路装置において、前記第1の層間絶縁膜は、前記第1の有機シロキサンと比較して炭素数が少ない第2の有機シロキサンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置。

25. 以下の工程を含み、埋込配線を有する半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成するための有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の

凹部を形成して、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

26. 前記 25 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

27. 前記 25 または 26 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 のガス雰囲気最大のガス成分はアルゴンガスであることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

28. 前記 25、26 または 27 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 のガス雰囲気は酸素ガスを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

29. 前記 25、26 または 27 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 のガス雰囲気は酸素ガスを実質的に含まないことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

30. 以下の工程を含み、埋込配線を有する半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、前記埋込配線の層間絶縁膜を形成し、第 1 の有機シロキサンを主成分とする第 1 の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成し、前記第 1 の絶縁膜よりも膜厚が薄い、前記第 1 の有機シロキサンとは成分が異なる第 2 の有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンを含むエッチングガスを含む第 1 のガス雰囲気中において、前記第 1 の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第 2 の絶縁膜に対して第 1 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 2 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成して、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

31. 前記 30 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 2 の絶縁膜は、前記第 1 の絶縁膜に比較して膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

32. 前記 30 または 31 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前

記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して炭素含有量が 50 % 以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

33. 前記 30 または 31 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して炭素含有量が 100 % 以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

34. 前記 30 または 31 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) における前記第 2 の絶縁膜の前記第 1 の絶縁膜に対するエッチング選択比は 4 以上であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

35. 前記 30 または 31 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) における前記第 2 の絶縁膜の前記第 1 の絶縁膜に対するエッチング選択比は 5 以上であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

36. 以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線メタルを一度に埋め込むデュアルダマシン型の埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、前記埋込配線を構成する第 1 の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成する有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上にパターンニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、第 1 のガス雰囲気中において、前記第 2 の絶縁膜に対して第 1 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 2 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成する工程；

(e) 前記第 1 の凹部が形成された状態で、第 2 のガス雰囲気中において、前記第 1 のプラズマエッチング処理に比較して、前記第 1 の絶縁膜に対する前記第 2 の絶縁膜のエッチング選択比が相対的に大きい条件下で、前記第 2 の絶縁膜に対して第 2 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

37. 前記 36 項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は、窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製

造方法。

38. 以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線メタルを一度に埋め込むデュアルダマシン型の埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を形成するための第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成するための有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

39. 前記38項記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

40. 以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線とを形成するための導体膜を一度に埋め込むデュアルダマシン型の埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線の層間絶縁膜を構成し、第1の有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成し、前記第1の絶縁膜よりも膜厚が薄い、前記第1の有機シロキサンとは成分が異なる第2の有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことに

より、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

本願において開示される発明のうち、さらに他の概要を簡単に説明すれば、次のとおりである。

41. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、

(d) 前記マスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部を形成する工程と、

(e) 前記凹部から露出する第1の絶縁膜を除去する工程と、

(f) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

42. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、

(e) 前記(d)工程後の前記第2の絶縁膜上および前記開口部から露出する第1の有機絶縁膜上に、有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(f) 前記第2の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、

(g) 前記マスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜および前記開口部を有する第2の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第1、第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中

においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部を形成する工程と

(h) 前記凹部から露出する第1の絶縁膜を除去する工程と、

(i) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

43. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第2の有機絶縁膜上に第1のマスキング層を形成する工程と、

(f) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第1の絶縁膜および第1、第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、

(g) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第2の有機絶縁膜上に第2のマスキング層を形成する工程と、

(h) 前記第2のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第2の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1、第2の絶縁膜を除去する工程と、

(j) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

44. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

- (c) 前記第1の有機絶縁膜上に第1のマスキング層を形成する工程と、
 - (d) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、
 - (e) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第1の有機絶縁膜上に第2のマスキング層を形成する工程と、
 - (f) 前記第2のマスキング層をエッチングマスクとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、
 - (g) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1の絶縁膜を除去する工程と、
 - (h) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。
45. 本発明は、(a) エッチングストッパ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、
- (b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、
 - (c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストッパ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、
 - (d) 前記第2の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、
 - (e) 前記第2の有機絶縁膜上に、エッチングストッパ機能を有する第3の絶縁膜を堆積する工程と、
 - (f) 前記第3の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、
 - (g) 前記(f)工程後の前記第3の絶縁膜および第2の有機絶縁膜上に、第1のマスキング層を形成する工程と、
 - (h) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第2の絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第1のマスク層を除去した後、前記第3の絶縁膜をエッチングマスクとし、かつ、前記第1、2の絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第1、2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(j) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1、第2の絶縁膜を除去する工程と、

(k) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

46. 本発明は、(a) エッチングストップパ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上にマスク層を形成する工程と、

(d) 前記マスク層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度に酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部を形成する工程と、

(e) 前記凹部から露出する第1の絶縁膜を除去する工程と、

(f) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

47. 本発明は、(a) エッチングストップパ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップパ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、

(e) 前記(d)工程後の前記第2の絶縁膜上および前記開口部から露出する第1の有機絶縁膜上に、有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(f) 前記第2の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、

(g) 前記マスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜および前記開口部を有する第2の絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第1、第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部を形成する工程と、

(h) 前記凹部から露出する第1の絶縁膜を除去する工程と、

(i) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

48. 本発明は、(a) エッチングストップパ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップパ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第2の有機絶縁膜上に第1のマスキング層を形成する工程と、

(f) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第1の絶縁膜および第1、第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、

(g) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第2の有機絶縁膜上に第2のマスキング層を形成する工程と、

(h) 前記第2のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第2の絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1、第2の絶縁膜を除去する工

程と、

(j) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

49. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に第1のマスキング層を形成する工程と、

(d) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、

(e) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第1の有機絶縁膜上に第2のマスキング層を形成する工程と、

(f) 前記第2のマスキング層をエッチングマスクとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(g) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1の絶縁膜を除去する工程と、

(h) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

50. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第2の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第3の絶縁膜を堆積する工程と、

- (f) 前記第3の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、
- (g) 前記(f)工程後の前記第3の絶縁膜および第2の有機絶縁膜上に、第1のマスキング層を形成する工程と、
- (h) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第2の絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、
- (i) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第3の絶縁膜をエッチングマスクとし、かつ、前記第1、2の絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第1、2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび異常形状が発生しない程度の酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、
- (j) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1、第2の絶縁膜を除去する工程と、
- (k) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。
51. 本発明は、(a) 有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、
- (b) 前記第1の有機絶縁膜上に、前記第1の有機絶縁膜よりも炭素含有量が相対的に少ない有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、
- (c) 前記第2の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、
- (d) 前記マスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の有機絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方を含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部を形成する工程と、
- (e) 前記凹部から露出する前記第1の有機絶縁膜を除去する工程と、
- (f) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

52. 本発明は、(a) 有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の有機絶縁膜上に、前記第1の有機絶縁膜よりも炭素含有量が相対的に少ない有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と

(c) 前記第2の有機絶縁膜上に、前記第2の有機絶縁膜よりも炭素含有率の多い第3の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第3の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、

(e) 前記(d)工程後の前記第3の有機絶縁膜上および前記開口部から露出する第2の有機絶縁膜上に、前記第3の有機絶縁膜よりも炭素含有量の少ない有機シロキサンを主成分とする第4の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(f) 前記第4の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、

(g) 前記マスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の有機絶縁膜および前記開口部を有する第3の有機絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第2、第4の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより凹部を形成する工程と、

(h) 前記凹部から露出する第1の有機絶縁膜を除去する工程と、

(i) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

53. 本発明は、(a) 有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の有機絶縁膜上に、第1の有機絶縁膜よりも炭素含有量の少ない有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第2の有機絶縁膜上に、前記第2の有機絶縁膜よりも炭素含有量の多い第3の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第3の有機絶縁膜上に、第3の有機絶縁膜よりも炭素含有量の少ない有機シロキサンを主成分とする第4の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第4の有機絶縁膜上に第1のマスキング層を形成する工程と、

(f) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の有機絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第2、第3、第4の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を

形成する工程と、

(g) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第4の有機絶縁膜上に第2のマスキング層を形成する工程と、

(h) 前記第2のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第3の有機絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第4の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第1、第2の凹部から露出する第1の有機絶縁膜を除去する工程と、

(j) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

54. 本発明は、(a) 有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の有機絶縁膜上に、第1の有機絶縁膜よりも炭素含有量が少ない有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第2の有機絶縁膜上に第1のマスキング層を形成する工程と、

(d) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第1の有機絶縁膜をエッチングストッパとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、

(e) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第2の有機絶縁膜上に第2のマスキング層を形成する工程と、

(f) 前記第2のマスキング層をエッチングマスクとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(g) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1の有機絶縁膜を除去する工程と、

(h) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

55. 本発明は、(a) 有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の有機絶縁膜上に、第1の有機絶縁膜よりも炭素含有量が少ない有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第2の有機絶縁膜上に、第2の有機絶縁膜よりも炭素含有量が多い有機シロキサンを主成分とする第3の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第3の有機絶縁膜上に、第3の有機絶縁膜よりも炭素含有量の少ない有機シロキサンを主成分とする第4の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第4の有機絶縁膜上に、第4の有機絶縁膜よりも炭素含有量が多い有機シロキサンを主成分とする第5の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(f) 前記第5の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、

(g) 前記(f)工程後の前記第4、第5の有機絶縁膜上に、第1のマスキング層を形成する工程と、

(h) 前記第1のマスキング層をエッチングマスクとし、かつ、前記第3の有機絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第4の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第1の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第1のマスキング層を除去した後、前記第5の絶縁膜をエッチングマスクとし、かつ、前記第1、3の有機絶縁膜をエッチングストップパとして、前記第2、第4の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素または窒素の少なくとも一方のガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより第2の凹部を形成する工程と、

(j) 前記第1、第2の凹部から露出する前記第1の有機絶縁膜を除去する工程と、

(k) 前記第1、第2の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有するものである。

56. 本発明は、(a) エッチングストップパ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を

堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、

(d) 前記マスキング層をエッチングマスクとして、前記第1の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜が露出する凹部を形成する工程と、

(e) 前記凹部から露出する第1の絶縁膜を除去する工程と、

(f) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有し、前記(d)工程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第1の有機絶縁膜の途中の厚さ位置までをエッチング除去した後、前記第1の絶縁膜に対する前記第1の有機絶縁膜のエッチング選択比が前記形状優先条件に比べて大きい高選択比条件とすることにより、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして残りの前記第1の有機絶縁膜をエッチング除去して前記凹部を形成するものである。

57. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、

(e) 前記(d)工程後の前記第2の絶縁膜上および前記開口部から露出する第1の有機絶縁膜上に、有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(f) 前記第2の有機絶縁膜上にマスキング層を形成する工程と、

(g) 前記マスキング層をエッチングマスクとして、前記第1、第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第1の絶縁膜が露出する凹部を形成する工程と、

(h) 前記凹部から露出する第1の絶縁膜を除去する工程と、

(i) 前記凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有し、前記 (g) 工程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第 2 の絶縁膜の途中の厚さ位置までをエッチング除去した後、前記第 1、第 2 の絶縁膜に対する前記第 1、2 の有機絶縁膜のエッチング選択比が前記形状優先条件に比べて大きい高選択比条件とすることにより、前記第 1、第 2 の絶縁膜をエッチングストップとして前記第 1、第 2 の有機絶縁膜をエッチング除去して前記凹部を形成するものである。

58. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第 1 の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第 1 の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第 1 の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第 2 の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第 2 の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第 2 の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第 2 の有機絶縁膜上に第 1 のマスクング層を形成する工程と、

(f) 前記第 1 のマスクング層をエッチングマスクとして、前記第 1 の絶縁膜および第 1、第 2 の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第 1 の絶縁膜が露出する第 1 の凹部を形成する工程と、

(g) 前記第 1 のマスクング層を除去した後、前記第 2 の有機絶縁膜上に第 2 のマスクング層を形成する工程と、

(h) 前記第 2 のマスクング層をエッチングマスクとして、前記第 2 の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第 1、第 2 の絶縁膜が露出する第 2 の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第 1、第 2 の凹部から露出する前記第 1、第 2 の絶縁膜を除去する工程と、

(j) 前記第 1、第 2 の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有し、前記 (f) 工

程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第 1 の有機絶縁膜の厚さ方向の途中の位置までエッチング除去した後、前記第 1、第 2 の絶縁膜に対する前記第 1、2 の有機絶縁膜のエッチング選択比が前記形状優先条件に比べて大きい高選択比条件とすることにより、前記第 1、第 2 の絶縁膜をエッチングストップとして残りの前記第 1 の有機絶縁膜をエッチング除去して前記第 1 の凹部を形成し、

前記 (h) 工程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第 2 の有機絶縁膜の厚さ方向の途中の位置までエッチング除去した後、前記第 1、第 2 の絶縁膜に対する前記第 1、2 の有機絶縁膜のエッチング選択比が前記形状優先条件に比べて大きい高選択比条件とすることにより、前記第 1、第 2 の絶縁膜をエッチングストップとして残りの前記第 2 の有機絶縁膜をエッチング除去して前記第 2 の凹部を形成するものである。

59. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第 1 の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第 1 の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第 1 の有機絶縁膜上に第 1 のマスクング層を形成する工程と、

(d) 前記第 1 のマスクング層をエッチングマスクとして、前記第 1 の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第 1 の絶縁膜が露出する第 1 の凹部を形成する工程と、

(e) 前記第 1 のマスクング層を除去した後、前記第 1 の有機絶縁膜上に第 2 のマスクング層を形成する工程と、

(f) 前記第 2 のマスクング層をエッチングマスクとして、前記第 1 の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第 1 の有機絶縁膜が露出する第 2 の凹部を形成する工程と、

(g) 前記第 1、第 2 の凹部から露出する前記第 1 の絶縁膜を除去する工程と、

(h) 前記第 1、第 2 の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有し、前記 (d) 工

程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第1の有機絶縁膜の厚さ方向の途中の位置までエッチング除去した後、前記第1の絶縁膜に対する前記第1の有機絶縁膜のエッチング選択比が前記形状優先条件に比べて大きい高選択比条件とすることにより、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして残りの前記第1の有機絶縁膜をエッチング除去することにより前記第1の凹部を形成し、前記(f)工程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第2の凹部を形成するものである。

60. 本発明は、(a) エッチングストップ機能を有する第1の絶縁膜を堆積する工程と、

(b) 前記第1の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第1の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(c) 前記第1の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第2の絶縁膜を堆積する工程と、

(d) 前記第2の絶縁膜上に有機シロキサンを主成分とする第2の有機絶縁膜を堆積する工程と、

(e) 前記第2の有機絶縁膜上に、エッチングストップ機能を有する第3の絶縁膜を堆積する工程と、

(f) 前記第3の絶縁膜に凹部形成用の開口部を形成する工程と、

(g) 前記(f)工程後の前記第3の絶縁膜および第2の有機絶縁膜上に、第1のマスク層を形成する工程と、

(h) 前記第1のマスク層をエッチングマスクとして、前記第2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第2の絶縁膜が露出する第1の凹部を形成する工程と、

(i) 前記第1のマスク層を除去した後、前記第3の絶縁膜をエッチングマスクとして、前記第1, 2の有機絶縁膜に対し、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより前記第2の絶縁膜の露出する第2の凹部を形成する工程と、

(j) 前記第1, 第2の凹部から露出する前記第1, 第2の絶縁膜を除去する工

程と、

(k) 前記第 1、第 2 の凹部内に導体膜を埋め込む工程とを有し、前記 (h) 工程に際しては、形状優先条件でエッチング処理を施すことにより前記第 2 の有機絶縁膜の厚さ方向の途中の位置までエッチング除去した後、前記第 2 の絶縁膜に対する前記第 2 の有機絶縁膜のエッチング選択比が前記形状優先条件に比べて大きい高選択比条件とすることにより、前記第 2 の絶縁膜をエッチングストップとして残りの前記第 2 の有機絶縁膜をエッチング除去することにより前記第 1 の凹部をするものである。

61. 本発明は、前記 41 項から 50 項または前記 56 項から前記 60 項のいずれか 1 項の第 1 の絶縁膜および第 1 の絶縁膜が窒化シリコンからなるものである。

発明を実施するための最良の形態

本願発明を詳細に説明する前に、本願における用語の意味を説明すると次の通りである。

1. 化学機械研磨 (CMP: Chemical Mechanical Polishing) とは、一般に被研磨面を相対的に柔らかい布様のシート材料等からなる研磨パッドに接触させた状態で、スラリを供給しながら面方向に相対移動させて研磨を行うことを言う。本願においては、そのほか硬質の砥石面と相対移動させる CML (Chemical Mechanical Lapping) 等も含むものとする。

2. デバイス面とは、半導体ウエハの主面であってその面にフォトリソグラフィにより、複数のチップ領域に対応するデバイスパターンが形成される面を言う。

3. 埋込配線とは、シングルダマシン (Single Damascene) やデュアルダマシン (Dual Damascene) 等のように絶縁膜に溝等を形成して、そこに導電膜を埋め込み、その後不要な導電材料を除去する配線形成技術によりパターンニングされた配線を言う。また、一般にシングルダマシンとは、2 段階に分けてプラグメタルと配線用メタルを埋め込む埋込配線プロセスを言う。同様に、デュアルダマシンとは一般に一度にプラグメタルと配線用メタルとを埋め込む埋込配線プロセスを言う。

4. 半導体集積回路ウエハ（半導体集積回路基板）または半導体ウエハ（半導体基板）とは、半導体集積回路の製造に用いるシリコン単結晶基板（一般にはほぼ平面円形状）、サファイア基板、ガラス基板その他の絶縁、反絶縁または半導体基板等並びにそれらの複合的基板を言う。

5. 有機シロキサンは一般にシロキサン結合を有する珪素化合物にアルキル基、アリル基等の有機官能基が結合した有機化合物、重合体およびそれらを含む共重合体を示す。樹脂の分野ではシリコーン樹脂とも呼ばれる。本明細書中では、有機絶縁膜とも言う。

6. 有機SOG (Spin On Glass) は、一般にシロキサン重合体または他のモノマーとの共重合体に各種の有機官能基が結合した高分子樹脂を溶剤に溶いて、半導体ウエハ上にスピン塗布して形成する層間絶縁膜材料である。一般に、無機SOGに比べて、キュア後にクラックが入りにくいため厚めに形成できる特徴がある。有機シロキサン系層間絶縁膜材料にはCVD (Chemical Vapor Deposition) に依るものがある。

7. シリコンナイトライド、窒化珪素というときは、 Si_3N_4 のみでなくシリコンの窒化物で類似組成の絶縁膜を含むものとする。

8. エッチングストップと言うときは、原則としてエッチング対象膜の当該エッチングストップ膜に対するエッチング選択比が1以上のものを言う（AのBに対するエッチング選択比がXとは、AのエッチングレートがXで、Bのエッチングレートが1であることを言う）。すなわち、原則としてエッチング対象膜よりもエッチングレートが遅い膜であり、対象膜の下部に置かれる。一般に対象膜のエッチングが完全に終了した後、これよりエッチングレートが低いエッチストップでエッチングを停止する。本願発明の目的に置いては、実用上、上記エッチング選択比が1.5程度以上有れば十分であるが、十分なプロセス余裕を確保するためには4程度以上が望ましい。

9. マスキング層は、一般にレジスト膜を言うが、無機マスクや非感光性の有機物マスク等も含むものとする。

10. 異常形状（サブトレンチ）とは、溝または孔等のような凹部をドライエッチング処理によって形成する際に、その凹部の内側面から離れたところよりも、

凹部の内側面の直下部において、被エッチング膜のエッチング速度等が大きくなることによってできる不本意な形状を言う。

11. スルーホールとは、異なる配線層間を電氣的に接続するために配線層間の絶縁膜に穿孔された孔である。本明細書中においては配線層と半導体集積回路基板とを接続するために配線層と半導体集積回路基板との間の絶縁膜に穿孔されたコンタクトホールも含むものとする。

以下の実施の形態においては便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

また、以下の実施の形態において、要素の数等（個数、数値、量、範囲等を含む）に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でも良い。

さらに、以下の実施の形態において、その構成要素（要素ステップ等も含む）は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

また、本願において半導体集積回路装置というときは、シリコンウエハやサファイア基板等の半導体または絶縁体基板上に作られるものだけでなく、特に、そうでない旨明示された場合を除き、TFT (Thin-Film-Transistor) およびSTN (Super-Twisted-Nematic) 液晶等のようなガラス等の他の絶縁基板上に作られるもの等も含むものとする。

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。また、本実施の形態においては、pチャネル型の

MISFET (Metal Insulator Semiconductor Field Effect Transistor) を pMIS と略し、nチャネル型の MISFET を nMIS と略す。

(実施の形態 1)

本実施の形態 1 は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜（以下、有機絶縁膜ともいう）に対して、フロロカーボンガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマエッチング処理を施すことにより、その絶縁膜に配線形成用の溝や孔等のような凹部を形成する工程を有する本発明の技術思想を具体的に説明するものである。

まず、本実施の形態を説明する前に、本発明者らが本発明をするのに検討した技術およびその課題等について説明する。図 1 (a) から (c) は、半導体集積回路装置の層間絶縁膜材料として一般的に用いられる酸化シリコン膜 (SiO_2 等) に対して、フロロカーボン (C_xF_y) ガス、酸素 (O_2) ガスおよびアルゴン (Ar) ガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施した場合エッチング原理を模式的に示した説明図である。

図 1 (a) に示すように、エッチング処理室内においてプラズマを生成すると、プラズマ中の CF ラジカル等が酸化シリコン膜の表面に吸着し、CF 系の堆積物が形成される。 O^* は酸素ラジカルを示している。この状態で、図 1 (b) に示すように、 CF_x^+ 、 Ar^+ または O^+ 等のようなエネルギーを持ったイオンが酸化シリコン膜の表面に入射すると、酸化シリコン膜の表面およびその近傍においては化学反応が生じ易いホットスポットが形成される。これにより、そのイオンのエネルギーを得て CF 系の堆積物中のフッ素 (F) と、酸化シリコン膜中のシリコン (Si) とが反応することにより、図 1 (c) に示すように、四フッ化シリコン (SiF_4) が生成される。また、CF 系の堆積物中の炭素 (C) と酸化シリコン膜中の酸素等とが反応して一酸化炭素 (CO) または二酸化炭素 (CO_2) 等が生成される。 SiF_4 、CO、 CO_2 は揮発性が高いので共に排気される。このようにして酸化シリコン膜のエッチングが行われる。この場合、酸化シリコン膜のエッチングは、イオンアシストエッチングによって進行し、ケミカルエッチングによって進行しない。

次に、図 2 (a) から (d) は、上記層間絶縁膜材料として、例えば有機 S O G (S p i n O n G l a s s) 等のような有機絶縁膜を用いた場合において、上記のような酸素を含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチングを施した場合のエッチング原理を模式的に示した説明図である。図 2 (a) は、有機絶縁膜の原子構造を模式的に示している。S i の 4 本の結合手のうち、3 本には酸素が結合され、1 本にはメチル基 (CH_3) が結合されている。この構造では、プラズマ中の O^* 等が、 CH_3 と S i との結合間に最も入り易い。その結果、有機絶縁膜に O^* が近づくと、図 2 (b) に示すように、 CH_3 と S i との間に酸素が介在される構造となる。この状態で、更に O^* が有機絶縁膜に近づくと、図 2 (c) に示すような準安定構造となる。この場合、構造中の酸素同士の結合間では反発する力が作用するのに対し、酸化シリコン膜中の酸素と CH_3 の水素とは互いに引き合う力が作用する。その結果、図 2 (d) に示すように、揮発性の高い COH_2 が生成され、有機絶縁膜から CH_3 が除去される。すなわち、酸素添加ガス雰囲気中における有機絶縁膜のプラズマドライエッチング処理においては、 O^* が有機絶縁膜中の CH_3 を引き抜いてしまう結果、有機絶縁膜はポーラス化される。本発明者が行った分子軌道法による計算によれば、酸素添加ガス雰囲気中における有機絶縁膜のプラズマドライエッチング処理は、イオンアシストエッチングのみではなく、 O^* によるケミカルエッチングによって進行することが判明した。

ところで、 O^* は、C F 系の堆積物中の C_2F_4 をケミカルエッチングする。例えば図 3 (a) に示すように、 O^* が C_2F_4 に近づくと、最終的に揮発性の高い COF_2 に分解されてしまう。しかし、 O^* は、C F 系の堆積物中の $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$ や C_2H_6 等をケミカルエッチングしない (イオンアシストは起こる)。例えば図 3 (b) に示すように O^* が、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$ に近づいても酸素はフッ素と結合され化学反応が生じない。また、例えば図 3 (c) に示すように、 O^* が C_2H_6 に近づいてもその炭素と水素との間にその酸素が介在され安定な生成物が形成される。したがって、酸素原子は、C F 系の堆積物の厚いところでは C F 系の堆積物に邪魔されて有機絶縁膜をアタックできないが、C F 系の堆積物の薄いところでは有機絶縁膜をアタックできると考えられる。

ここで、図 4 (a) から (e) は、例えば C_4F_8/O_2 ガスを用い、かつ、窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を高くした状態でのプラズマドライエッチング処理によって有機絶縁膜に対してプラズマドライエッチング処理を行い有機絶縁膜に溝や孔等の凹部を形成する工程中の断面図を模式的に示している。図 4 (a) に示すように、絶縁膜 50 は、例えば窒化シリコン膜からなり、その上には、有機絶縁膜 51 が形成されている。有機絶縁膜 51 上には、フォトレジスト膜 52 をエッチングマスクとして、凹部 53 が形成されている。この凹部 53 の底においては、CF 系の堆積物 54 の厚さが不均一となっている。すなわち、凹部 53 の底中央では CF 系の堆積物 54 が相対的に厚いのに対して、その底周辺では CF 系の堆積物 54 が相対的に薄い。このため、図 4 (b) に示すように、凹部 53 の底周辺においては、 O^* が CF 系の堆積物 54 をケミカルエッチングしてしまう結果、下層の有機絶縁膜 51 の上面が露出される。これにより、図 4 (c) に示すように、凹部 53 の底周辺部においては、 CH_3 が抜けてポーラス化する。これにより、その凹部 53 の底周辺において O^* が有機絶縁膜 51 をケミカルエッチングする。この状態で、図 4 (d) に示すように、その凹部 53 の底周辺部に CF^+ 等のようなエネルギーをもったイオンが入射されると、ポーラス化された有機絶縁膜 51 は容易にイオンアシストエッチングされる。この結果、凹部 53 の底周辺に、底中央よりも深く掘り込まれた溝（以下、サブトレレンチという）55 が形成されてしまう。一度サブトレレンチ 55 が形成されてしまうと、サブトレレンチ 55 の斜面には CF 系の堆積物 54 が形成され難いので、図 4 (e) に示すように、 O^* のアタックを受ける結果、サブトレレンチ 55 は大きく、深くなる。サブトレレンチ 55 の問題は、孔や溝のアスペクト比が大きくなるほど孔や溝の底に堆積される CF 系の堆積物 54 の膜厚が不均一になるので顕著になる。

一方、窒化シリコン膜に対して、酸素を含むガス雰囲気中でプラズマドライエッチング処理を施すと、そのエッチングがイオンアシストのみで進行する。したがって、酸素を含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すと、有機絶縁膜は上記のようにケミカルエッチングとイオンアシストエッチングとの双方のエッチングが作用するのに対し、窒化シリコン膜はイオンアシストの

みでエッチングが進行するので、エッチング選択比が高くなる。すなわち、酸素の量を増やせば有機絶縁膜と窒化シリコン膜とのエッチング選択比を高くできるが、サブトレレンチは大きくなる。逆に、酸素の量を減らせばサブトレレンチの発生は抑制されるが、有機絶縁膜と窒化シリコン膜とのエッチング選択比が小さくなってしまふ。

このように、本発明者らの検討結果によれば、層間絶縁膜材料として有機絶縁膜を用いた場合に、そのエッチング処理に際して、酸化シリコン膜のエッチング処理時に行っている酸素を含むガス雰囲気中でのプラズマドライエッチング処理をただ単に適用すると、上記サブトレレンチの問題が生じる一方、サブトレレンチを抑えるべく酸素の量を減らすと、上記エッチング選択比がとれなくなる、という問題があることが見出された。

そこで、本発明者らは、プラズマエッチング処理に際し、上記酸素に代えて窒素を導入して実験した結果、サブトレレンチの発生を抑制でき、かつ、エッチング選択比も確保できることを見出した。図5 (a) から (c) は、有機絶縁膜を $(\text{HO})_3\text{SiCH}_3$ で表し、窒素原子を分子の近くにおいて、安定化する配置を分子軌道計算した結果を模式的に示している。この結果、図5 (a) に示すように、窒素原子は、 $(\text{HO})_3\text{SiCH}_3$ 分子に反発され、吸着できず、反応性が低いことが分かった。ただし、窒素原子は、2 eV 程度のバリアを超えると、図5 (b) に示すように、吸着し、図5 (c) に示すように、安定化してケミカルエッチングが発生しない。したがって、有機絶縁膜は、窒素ガス添加に対しては、イオンアシストのみでエッチングが進行する。同様の分子軌道計算の結果、窒素ラジカルは、例えば $\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$ 分子等のようなCF系の堆積物に対して、吸着できず反応性が低いことが判明した。また、 C_2H_6 や C_2F_4 等に対しては安定エネルギーが負となり、反応にバリアがあることが判明した。したがって、窒素原子は、CF系の堆積膜をケミカルエッチングできずに、イオンアシストエッチングすると考えられる。以上のことから、窒素添加の場合は、有機絶縁膜中の CH_3 の引き抜き現象は生じないので、サブトレレンチが発生しないと考えられる。

図6 (a) から (d) は、図5で説明した窒素ガスを含むガス雰囲気中での有

有機絶縁膜に対するプラズマドライエッチング処理時の断面図を模式的に示している。図 6 (a) に示すように、窒化シリコン膜等からなる絶縁膜 1 上には、有機絶縁膜 2 が堆積され、さらに、その上にはエッチングマスクとして機能するフォトリソレジスト膜 3 がパターン形成されている。有機絶縁膜 2 に形成された凹部 4 の底には、C F 系の堆積物 D が吸着されるが、この場合も、その厚さが凹部 4 の底面内において不均一となっている。すなわち、凹部 4 の底中央では C F 系の堆積物 D が相対的に厚いのに対して、その底周辺では C F 系の堆積物が相対的に薄い。しかし、図 6 (b) に示すように、この場合は、その C F 系の堆積物 D が薄い箇所に、 N^* (窒素ラジカル) が近づいても、上述のようにケミカルエッチングが生じないので、凹部 4 の底部外周部の有機絶縁膜 2 はポーラス化されないし、エッチング除去もされない。この状態で、図 6 (c) に示すように、 CF^+ 、 Ar^+ または N^+ 等のようなエネルギーをもったイオンが凹部 4 の底に入射されることでイオンアシストエッチングが進行する。したがって、この場合は、そのエッチングが、凹部 4 の底面内においてほぼ均等に進行するので、図 6 (d) に示すように、凹部 4 の底に上記したサブトレンチが形成されない。

次に、本発明者らは、上述のようにガス種を代えて有機絶縁膜に対してプラズマドライエッチング処理を実際に行った。その実験における観測結果の模式図を図 7 および図 8 に示す。

図 7 は、例えば $C_4F_8 / N_2 / Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理を行った場合におけるアンダーエッチング時およびオーバーエッチング時の溝 (凹部) 4 a および孔 (凹部) 4 b の断面形状を模式的に示している。なお、アンダーエッチングは、溝 4 a および孔 4 b の底面が絶縁膜 1 に達せず、有機絶縁膜 2 の厚さ方向の途中位置で終端される程度のエッチング処理であり、オーバーエッチングは、溝 4 a および孔 4 b の底面が絶縁膜 1 に達する程度のエッチング処理である。

絶縁膜 1 は、例えばプラズマ CVD 法によって形成された窒化シリコン膜からなり、その厚さは、例えば 100 nm 程度である。この絶縁膜 1 はエッチングストッパとしての機能を有している。その上の有機絶縁膜 2 は、例えば有機 SOG 膜からなり、その厚さは、例えば 400 nm 程度である。さらに、その上の絶縁

膜 5 は、例えば T E O S (T e t r a e t h o x y s i l a n e) ガスを用いたプラズマ C V D 法によって形成された酸化シリコン膜からなり、その厚さは、例えば 1 0 0 n m 程度である。この絶縁膜 5 は、主として有機絶縁膜 2 の機械的強度を確保するための機能を有しているものである。したがって、この絶縁膜 5 を設けない構造とすることもできる。溝 4 a は、その長さ L が、例えば 0 . 2 0 μ m、0 . 2 5 μ m および 4 . 0 μ m の 3 種類が示されている。孔 4 b は、その直径が、例えば 0 . 2 0 μ m、0 . 2 5 μ m および 4 . 0 μ m の 3 種類が示されている。

エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E (R e a c t i v e I o n E t c h i n g) 装置を用いた。エッチング条件は、次の通りである。処理時における処理室内の圧力は、例えば 2 0 m T 程度、高周波電力は、例えば 1 0 0 0 / 6 0 0 W 程度である。C₄F₈ / N₂ / A r ガスの流量比は、例えば 1 2 / 2 0 0 / 3 0 0 s c c m 程度である。処理時における下部電極の温度は、例えば 2 0 °C 程度である。

このような窒素ガスを含むプラズマエッチングプロセスにおいては、図 7 に示すように、溝 4 a や孔 4 b の底部に上記したサブトレンチが発生せず、しかも、窒化シリコン膜に対する選択比が 7 . 4 程度と高い値が得られた。

一方、図 8 は、上記 N₂ に代えて O₂ を用いた場合におけるアンダーエッチング時およびオーバーエッチング時の溝 5 3 a および孔 5 3 b の断面形状を模式的に示している。

絶縁膜 5 0 は、例えば T E O S ガスを用いたプラズマ C V D 法によって形成された窒化シリコン膜からなり、その厚さは、例えば 1 0 0 n m 程度である。その上の有機絶縁膜 5 1 は、例えば有機 S O G 膜からなり、その厚さは、例えば 4 0 0 n m 程度である。さらに、その上の絶縁膜 5 6 は、例えば T E O S ガスを用いたプラズマ C V D 法によって形成された酸化シリコン膜からなり、その厚さは、例えば 1 0 0 n m 程度である。溝 5 3 a は、その長さ L が、例えば 0 . 2 0 μ m、0 . 2 5 μ m および 4 . 0 μ m の 3 種類が示されている。孔 5 3 b は、その直径が、例えば 0 . 2 0 μ m、0 . 2 5 μ m および 4 . 0 μ m の 3 種類が示されている。

エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。エッチング条件は、次の通りである。処理時における処理室内の圧力は、例えば 3 0 m T 程度、高周波電力は、例えば 2 2 0 0 / 1 4 0 0 W 程度である。C₄F₈ / O₂ / A r ガスの流量比は、例えば 1 3 / 1 5 / 4 2 0 s c c m 程度である。処理時における下部電極の温度は、例えば - 2 0 ℃ 程度である。

このような酸素ガスを含むプラズマドライエッチングプロセスにおいては、アンダーエッチングにおいて、直径が 0 . 2 5 μ m 程度およびそれ以下の小さな孔 5 3 b を除いて、サブトレンチ（異常形状）5 5 が観測される。小さな孔 5 3 b においては、サブトレンチ 5 4 同士がつながってしまうため、見かけ上、サブトレンチ 5 5 が観測されない。このプロセスでは、窒化シリコン膜に対する選択比が 5 . 0 以下と低く、オーバーエッチングをかけるとサブトレンチ 5 5 が窒化シリコン膜等からなる絶縁膜 5 0 を突き抜けてしまう。すなわち、エッチングストッパとしての機能が保証されない。

次に、図 9 に、上記窒素ガスを含むガス雰囲気中でのプラズマドライエッチング処理における有機絶縁膜のエッチングレートと窒化シリコン膜に対するエッチング選択比の窒素ガス流量依存性を示す。

窒素ガス流量が 0（零）では、有機絶縁膜のエッチングが進行しないことから、窒素が有機絶縁膜のエッチングに必要であることがわかる。有機絶縁膜に、直径が、例えば 0 . 2 5 μ m 程度の孔を形成する際のエッチングレートと窒化シリコン膜に対するエッチング選択比は、窒素ガス流量に対して 2 0 0 s c c m（炭素（C）／窒素（N）比が 0 . 1 2）付近で極大値を持つ。図 9 から実用的なエッチング選択比とエッチングレートとが得られるのは、窒素ガス流量が 1 5 0 s c c m（C／N 比が 0 . 1 6）から 3 0 0 s c c m（C／N 比が 0 . 0 8）の場合だが、窒素ガス流量は、5 0 s c c m（C／N 比が 0 . 4 8）から 5 0 0 s c c m（C／N 比が 0 . 0 4 8）でも良い。

以上のようなガス種による有機絶縁膜のエッチング特性を図 1 0 に示す。C F 系ガスのみによるエッチングでは、エッチングレートが遅く、エッチング選択比が低く、抜け性（エッチング除去状態の良否）は悪い。C F 系ガスに酸素を添加したエッチングでは、エッチングレートおよびエッチング選択比と異常形状（特

にサブトレンチ)とがトレードオフの関係にある。抜け性は良い。これに対して、本発明のCF系ガスに窒素を添加したエッチングでは、エッチングレートも400nm/min程度が得られ、サブトレンチ無しに窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を7.4以上得ることができる。総合的に見ると、CF系ガスに窒素を添加したエッチングが、CF系ガスのみのエッチングやCF系ガスに酸素を添加したエッチングよりもエッチング特性が優れている。

次に、上記プラズマドライエッチング処理で用いた平行平板型のRIE装置6を図11に示す。このRIE装置6は、例えば2周波励起容量結合型のプラズマ源を持ち、エッチングチャンバ6aと、その内部に設置された下部電極6bと、これに電氣的に接続された第1の高周波電源6cと、エッチングチャンバ6a内において下部電極6bに対向するように設置された上部電極6dと、これに電氣的に接続された第2の高周波電極6eと、エッチングチャンバ6a内にガスを導入するガス導入系6fと、エッチングチャンバ6a内の圧力を一定に保つための排気系とを有している。半導体ウエハ(半導体集積回路基板)7は、下部電極6b上に配置されている。また、上記雰囲気ガスは、ガス導入系6fを通じて上部電極6dの下面側に供給され、さらにシャワープレート6gを介してエッチングチャンバ6a内に均等に供給される構造となっている。これら相対する下部電極6bと上部電極6dとの間にプラズマが形成される。ラジカル、原子、イオン等のような活性種は、下部電極6bおよび半導体ウエハ7の主面に対して垂直な電界に沿って入射し、その方向にリアクティブエッチングが進行するようになっている。ただし、エッチング装置としては、上記平行平板型狭電極RIE装置に限定されるものではなく種々変更可能であり、例えばICP(Inductively Coupled Plasma)型やECR(Electron Cyclotron Resonance)型のエッチング装置を用いることもできる。

図12は、ICP型のエッチング装置8を示している。エッチング装置8は、エッチングチャンバ8aと、その内部に設置された下部電極8bと、これに電氣的に接続された第1の高周波電源8cと、エッチングチャンバ8aの上部外周に設置されたICPコイル8dと、これに電氣的に接続された第2の高周波電源8

e と、エッチングチャンバ 8 a 内にガスを導入するガス導入系 8 f と、エッチングチャンバ 8 a 内の圧力を一定に保つための排気系とを有している。半導体ウエハ（半導体集積回路基板）7 は、下部電極 8 b 上に配置されている。エッチングガスは、エッチングチャンバ 8 a の上部からエッチングチャンバ 8 a 内に供給される。その状態で、第 2 の高周波電源 8 e から I C P コイル 8 d に高周波電力が印加されることにより、エッチングチャンバ 8 a 内にプラズマが形成される。また、第 1 の高周波電源 8 c は、イオネネルギーを制御するためのバイアス高周波電力を下部電極 8 b に供給するための電源である。

また、図 1 3 は、例えば平板アンテナ型 U H F - E C R 型のエッチング装置 9 を示している。エッチング装置 9 は、エッチングチャンバ 9 a と、その内部に設置された下部電極 9 b と、これに電氣的に接続された第 1 の高周波電源 9 c と、エッチングチャンバ 9 a の上部に設置された平板状のアンテナ 9 d と、これに電氣的に接続された第 2 の高周波電源 9 e および U H F 電源 9 f と、電磁石 9 g と、エッチングチャンバ 9 a 内にガスを導入するガス導入系と、エッチングチャンバ 9 a 内の圧力を一定に保つための排気系とを有している。このアンテナ 9 d から放射される、例えば 4 5 0 M H z の U H F 波と電磁石 9 g とによって形成される磁場により E C R を発生させ、エッチングガスをプラズマ化する。アンテナ 9 d の表面には、ガス導入および活性種制御のため、例えばシリコン等からなるシャワープレート 9 h が設置されている。アンテナ 9 d には、例えば 1 3 . 5 6 M H z の高周波電力を別途印加することで、シャワープレート 9 h に入射するイオンエネルギーを制御できる。下部電極 9 b にも、例えば 8 0 0 k H z の高周波バイアスを印加することにより、半導体ウエハ 7 への入射エネルギーを制御できるようになっている。また、アンテナ 9 d と下部電極 9 b との間の距離は可変であり、プラズマ中のガスの解離を制御できるようになっている。なお、上記周波数は一例である。また、周波数の組み合わせも種々変更可能である。

以上の説明では処理ガスの種類を限定して記述したが、本発明の技術思想を用いる実施の形態においては、上記したものに限定されるものではなく種々変更可能である。

例えば上記の説明においては有機絶縁膜のエッチング処理に用いる C F 系ガス

として対 S i N 選択比を得やすい C_4F_8 を用いたが、これに限定されるものではなく種々変更可能であり、例えば CHF_3 CF_4 、 CH_2F_2 または C_5F_8 等を用いることもできる。また、その他に、CF 系のガスとして、 C_3F_6 等のような飽和環状フロロカーボン、 C_5F_9 等のような非飽和環状フロロカーボン、 CF_4 、 CHF_3 または CH_2F_2 等のような非環状フロロカーボン、または、フロン対策として開発されているものに CF_3I 等のようなヨウ化フロロカーボン等がある。また、CF 系のガスに代えて、例えば SF_6 を用いることもできる。

また、上記 CF 系 / N_2 / Ar ガスの N に代えて、CF 系 / N_2 / Ar ガス中に、CF 系ガスよりも少ない流量の酸素、すなわち、上記サブトレッチが生じないか又は生じても許容値の範囲内となる程度の酸素を添加しても良い。エッチング処理時には、エッチングと堆積との 2 つの要素が進行しているが、窒素のみの場合は、その堆積性が比較的高い場合がある。そこで、酸素を少量添加することで、その堆積性を抑えて抜け性（エッチング除去状態の良否）を向上させることができる。

また、上記 CF 系 / N_2 / Ar ガスの N_2 に代えて、例えば NO、 NO_2 または NH_3 を用いることもできる。ただし、この場合は、ただ単に NO や NO_2 を導入すれば良いのではなく、上記サブトレッチの問題を考慮した酸素量の制御が必要である。

また、上記 CF 系 / N_2 / Ar ガス中の Ar ガスは添加しなくても良い。例えば ICP 型のエッチング装置を用いた場合にはプラズマの安定性が高いので Ar を添加しなくても良い場合もある。また、その Ar に代えてヘリウム (He) を添加することもできる。

次に、本発明の技術思想を用いて製造された半導体集積回路装置の一例を図 14 に示す。図 14 は、本発明の技術思想を、例えば CMIS (Complementary MIS) 回路を有する半導体集積回路装置に適用した場合における半導体基板（半導体集積回路基板）7s の要部断面図を示している。この半導体基板 7s は、上記半導体ウエハを切断して得られた平面四角形状の半導体チップを構成する基板であり、例えば p 型のシリコン単結晶からなる。半導体基板 7

s の主面から所定の深さに渡っては、n ウエル 10 N および p ウエル 10 P が形成されている。n ウエル 10 N には、例えばリンまたはヒ素が含有されている。また、p ウエル 10 P には、例えばホウ素が含有されている。また、半導体基板 7 s の主面側には、例えば溝型の分離部 11 が形成されている。この分離部 11 は、半導体基板 7 s の主面から半導体基板 7 s の厚さ方向に掘られた溝内に、例えば酸化シリコン膜からなる分離用の絶縁膜が埋め込まれて形成されている。

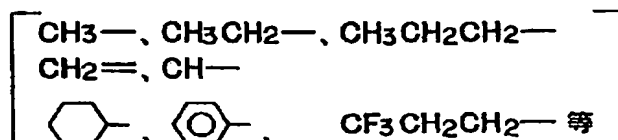
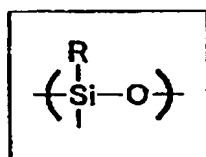
この分離部 11 に囲まれた活性領域には、p M I S Q p および n M I S Q n が形成されている。p M I S Q p および n M I S Q n のゲート絶縁膜 12 は、例えば酸化シリコン膜からなる。このゲート絶縁膜 12 に対して窒化処理を施すことにより、ゲート絶縁膜 12 と半導体基板 7 s との界面に窒素を偏析させても良い。これにより、p M I S Q p および n M I S Q n におけるホットキャリア効果を抑制できるので、微細化を確保したまま素子特性を向上させることができる。また、p M I S Q p および n M I S Q n のゲート電極 13 は、例えば低抵抗ポリシリコン上に、例えばコバルトシリサイドまたはタングステンシリサイド等のようなシリサイド膜を設けた、いわゆるポリサイド構造となっている。ただし、ゲート電極 13 は、例えば低抵抗ポリシリコンの単体膜で形成しても良いし、例えば低抵抗ポリシリコン膜上に窒化チタンや窒化タングステン等のようなバリア層を介してタングステン等のような金属膜を設けた、いわゆるポリメタル構造としても良い。ゲート長は、例えば $0.14 \mu\text{m}$ 程度である。このゲート電極 13 の側面には、例えば酸化シリコン膜または窒化シリコン膜からなるサイドウォール 14 が形成されている。また、p M I S Q p のソース、ドレイン領域を構成する半導体領域 15 a には、例えばホウ素が含有されている。この半導体領域 15 a の上面には、例えばコバルトシリサイドまたはタングステンシリサイド等のようなシリサイド層 15 b が形成されている。また、n M I S Q n のソース、ドレイン領域を構成する半導体領域 16 a には、例えばリンまたはヒ素が含有されている。この半導体領域 16 a の上面には、例えばコバルトシリサイドまたはタングステンシリサイド等のようなシリサイド層 16 b が形成されている。なお、ゲート電極 13 のシリサイド層および半導体領域 15 a, 16 a 上のシリサイド層 15 b, 16 b は、同工程時に形成されている。

この半導体基板 7 s の主面上（分離部 1 1 の主面上を含む）には、層間絶縁膜 1 7 a が堆積されている。これにより、p M I S Q p および n M I S Q n は覆われている。この層間絶縁膜 1 7 a の上面は C M P (C h e m i c a l M e c h a n i c a l P o l i s h) 法等によって平坦化されている。層間絶縁膜 1 7 a の上面には、第 1 層配線 1 8 L 1 が形成されている。第 1 層配線 1 8 L 1 は、例えばタングステンからなり、層間絶縁膜 1 7 a に穿孔された平面略円形状のコンタクトホール（凹部） 1 9 内の導体膜 2 0 を通じて上記 p M I S Q p または n M I S Q n の半導体領域 1 5 a 、 1 6 a と電気的に接続されている。導体膜 2 0 は、コンタクトホール 1 9 の側面および底面に被着されたチタン、窒化チタンまたはこれらの積層膜等からなる第 1 の導体膜と、その第 1 の導体膜が被着されたコンタクトホール 1 9 の内部に埋め込まれたタングステン等からなる第 2 の導体膜とを有している。

この層間絶縁膜 1 7 a 上には、層間絶縁膜 1 7 b が堆積されている。この層間絶縁膜 1 7 b および第 1 層配線 1 8 L 1 上には絶縁膜 1 a が堆積されている。絶縁膜 1 a の上層には、層間絶縁膜 1 7 c から 1 7 k 、 1 7 m 、 1 7 n が層間絶縁膜 1 7 c から 1 7 k 、 1 7 m 、 1 7 n の各々の間にそれぞれ絶縁膜 1 b から 1 k を介在させて堆積されている。

層間絶縁膜 1 7 a から 1 7 k 、 1 7 m 、 1 7 n は、配線構造を構成するものであり、上記した有機絶縁膜の単体膜あるいは有機絶縁膜と他の絶縁膜との積層膜で構成されている。層間絶縁膜 1 7 a から 1 7 k 、 1 7 m 、 1 7 n における有機絶縁膜の誘電率は、例えば 2 . 7 から 2 . 8 程度である。したがって、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げるできるので、半導体集積回路装置の動作速度を向上させることが可能な構造となっている。この層間絶縁膜 1 7 a から 1 7 k 、 1 7 m 、 1 7 n で用いられている有機絶縁膜（上記有機絶縁膜 2 に対応）の基本的な化学構造の一例を次に示す。

R : アルキル、アルケニル、フェニル、フルオロアルキル基等



なお、この層間絶縁膜 17 a から 17 k、17 m、17 n の具体的構成例については半導体集積回路装置の製造工程の説明の際に詳細に説明する。なお、層間絶縁膜は、配線層間あるいは配線と半導体基板との間に介在される絶縁膜であって、有機系層間絶縁膜、塗布型層間絶縁膜、有機系塗布型層間絶縁膜、有機シロキサン系層間絶縁膜等がある。

また、絶縁膜 1 a から 1 k は、例えば窒化シリコン膜からなり、その誘電率は、例えば 7 程度である。この絶縁膜 1 a から 1 k のうち、絶縁膜 1 a、1 b、1 d、1 f、1 h、1 j は、主としてエッチングストップ機能を有し、絶縁膜 1 c、1 e、1 g、1 i、1 k は、主として銅の拡散抑制機能を有している。

絶縁膜 1 a および層間絶縁膜 17 c には、スルーホール（凹部）4 b 1 が形成されている。スルーホール 4 b 1 は、例えば平面略円形状に形成されており、第 1 層配線 18 L 1 の一部が露出されている。スルーホール 4 b 1 の内部には接続部（埋込配線）18 P L 1 が形成されている。接続部 18 P L 1 は、スルーホール 4 b 1 の内側面および底面に被着された窒化チタン等からなる導体膜と、その導体膜が被着されたスルーホール 4 b 1 内に埋め込まれた銅等からなる相対的に厚い導体膜からなり、第 1 層配線 18 L 1 と電氣的に接続されている。

絶縁膜 1 b および層間絶縁膜 17 d には、溝（凹部）4 a 1 およびスルーホール（凹部）4 b 2 が形成されている。溝 4 a 1 は、例えば平面長方形形状に形成されており、その内部には第 2 層配線（埋込配線）18 L 2 が形成されている。第 2 層配線 18 L 2 は、溝 4 a 1 の内側面および底面に被着された窒化チタン等からなる導体膜と、その導体膜が被着された溝 4 a 1 の内部に埋め込まれた銅等からなる相対的に厚い導体膜とからなり、接続部 18 P L 1 と電氣的に接続されている。また、スルーホール 4 b 2 は、例えば平面略円形状に形成されており、その内部には接続部（埋込配線）18 P L 2 が形成されている。接続部 18 P L 2 は、上記接続部 18 P L 1 と同じ構造および材料構成となっており、接続部 18 P L 1 と電氣的に接続されている。

絶縁膜 1 c、1 d および層間絶縁膜 17 e、17 f には、溝（凹部）4 a 2、4 a 3 およびスルーホール（凹部）4 b 3、4 b 4 が形成されている。溝 4 a 2、4 a 3 は、例えば平面長方形形状に形成されており、その内部には第 3 層配線（

埋込配線) 18L3が形成されている。ここでは、溝4a2内の第3層配線18L3がスルーホール4b3内の接続部(埋込配線)18PL3を通じて第2層配線18L2と電氣的に接続されている状態が例示されている。このスルーホール4b3は、例えば平面略円形状に形成されており、溝4a2の底面から第2層配線18L2の上面に達する程度に延びている。したがって、溝4a2内の第3層配線18L3とスルーホール4b3内の接続部18PL3とは、一体的に形成されており、溝4a2およびスルーホール4b3の内側面および底面に被着された窒化チタン等のような導体膜と、その導体膜の被着された溝4a2およびスルーホール4b3の向上に埋め込まれた銅等からなる相対的に厚い導体膜とを有している。溝4a3内の第3層配線18L3も溝4a2内の第3層配線18L3と構造および材料構成は同じである。スルーホール4b4は、例えば平面略円形状に形成されており、層間絶縁膜17fの上面から接続部18PL2に達する程度に延びている。スルーホール4b4の内部には接続部(埋込配線)18PL4が形成されている。この接続部18PL4は、上記接続部18PL1と同じ材料構成となっており、接続部18PL2と電氣的に接続されている。

絶縁膜1e、1fおよび層間絶縁膜17g、17hには、溝(凹部)4a4およびスルーホール(凹部)4b5が形成されている。溝4a4は、例えば平面長方形形状に形成されており、その内部には第4層配線(埋込配線)18L4が形成されている。第4層配線18L4の構造および構成材料は第3層配線18L3と同じである。スルーホール4b5は、例えば平面略円形状に形成されており、層間絶縁膜17hの上面から第3層配線18L3や接続部18PL4に達する程度に延びている。スルーホール4b5の内部には接続部(埋込配線)18PL5が形成されている。この接続部18PL5、18PL5は、上記接続部18PL4と同じ材料構成となっており、一方は第3層配線18L3と電氣的に接続され、他方は接続部18PL4と電氣的に接続されている場合が例示されている。

絶縁膜1g、1hおよび層間絶縁膜17i、17jには、溝(凹部)4a5、4a6およびスルーホール(凹部)4b6、4b7が形成されている。溝4a5、4a6は、例えば平面長方形形状に形成されており、その内部には第5層配線(埋込配線)18L5が形成されている。ここでは、溝4a6内の第5層配線18

L 5 がスルーホール 4 b 6 内の接続部（埋込配線）1 8 P L 7 を通じて第 4 層配線 1 8 L 4 と電氣的に接続されている状態が例示されている。このスルーホール 4 b 6 は、例えば平面略円形状に形成されており、溝 4 a 6 の底面から第 4 層配線 1 8 L 4 の上面に達する程度に延びている。したがって、溝 4 a 6 内の第 5 層配線 1 8 L 5 とスルーホール 4 b 6 内の接続部 1 8 P L 7 とは、一体的に形成されている。この第 5 層配線 1 8 L 5 および接続部 1 8 P L 7 の構造および材料構成は、第 3 層配線 1 8 L 3 および接続部 1 8 P L 3 と同じである。溝 4 a 5 内の第 5 層配線 1 8 L 5 も溝 4 a 6 内の第 5 層配線 1 8 L 5 と構造および材料構成は同じである。スルーホール 4 b 7 は、例えば平面略円形状に形成されており、層間絶縁膜 1 7 j の上面から接続部 1 8 P L 5 に達する程度に延びている。スルーホール 4 b 7 の内部には接続部（埋込配線）1 8 P L 8 が形成されている。この接続部 1 8 P L 8 は、上記接続部 1 8 P L 5 と同じ材料構成となっており、接続部 1 8 P L 5 と電氣的に接続されている。

絶縁膜 1 i、1 j および層間絶縁膜 1 7 k、1 7 m には、溝（凹部）4 a 7、4 a 8 およびスルーホール（凹部）4 b 8 が形成されている。溝 4 a 7 は、例えば平面長方形形状に形成されており、その内部には第 6 層配線（埋込配線）1 8 L 6 が形成されている。ここでは、溝 4 a 7 内の第 6 層配線 1 8 L 6 がスルーホール 4 b 8 内の接続部（埋込配線）1 8 P L 9 を通じて第 5 層配線 1 8 L 5 と電氣的に接続されている状態が例示されている。このスルーホール 4 b 8 は、例えば平面略円形状に形成されており、溝 4 a 7 の底面から第 5 層配線 1 8 L 5 の上面に達する程度に延びている。したがって、溝 4 a 7 内の第 6 層配線 1 8 L 6 とスルーホール 4 b 8 内の接続部 1 8 P L 9 とは一体的に形成されており、その構造および材料構成は、上記第 3 層配線 1 8 L 3 と接続部 1 8 P L 3 と同じになっている。溝 4 a 8 内の第 6 層配線 1 8 L 6 も溝 4 a 7 内の第 6 層配線 1 8 L 6 と同じ構造および材料構成となっている。

絶縁膜 1 k および層間絶縁膜 1 7 n には、スルーホール（凹部）4 b 9 が形成されている。スルーホール 4 b 9 は、例えば平面略円形状に形成されており、その底面から第 6 層配線 1 8 L 6 の一部が露出されている。スルーホール 4 b 9 の内部には接続部（埋込配線）1 8 P L 1 0 が形成されている。接続部 1 8 P L 1

0 の構造および材料構成は、接続部 18 P L 1 等と同じである。接続部 18 P L 1 0 は、第 6 層配線 18 L 6 と電氣的に接続されている。この層間絶縁膜 17 n 上には、第 7 層配線 18 L 7 が形成されている。第 7 層配線 18 L 7 は、例えば窒化チタン、アルミニウムおよび窒化チタンが下層から順に堆積されてなり、接続部 18 P L 1 0 と電氣的に接続されている。

なお、第 2 層配線 18 P L 2 は、シングルダマシン法で形成され、第 3 層配線 18 L 3 から 18 L 6 は、デュアルダマシン法で形成され、第 1 層配線 18 L 1 および第 7 層配線 18 L 7 は、通常の配線形成方法（導体膜の堆積およびパターニング）で形成されている。また、第 1 層配線 18 L 1 から第 5 層配線 18 L 5 の厚さは、例えば 400 nm 程度、配線幅および最小の配線間隔は、例えば 0.25 μ m 程度である。第 6 層配線 18 L 6 の厚さは、例えば 1200 nm 程度、配線幅および最小の配線間隔は、例えば 0.75 μ m 程度である。第 7 層配線 18 L 7 の厚さは、例えば 2000 nm 程度、配線幅および最小の配線間隔は、例えば 1.5 μ m 程度である。接続部 18 P L 3 から 18 P L 9 の高さは、例えば 500 nm 程度、直径は、例えば 0.25 μ m 程度である。接続部 18 P L 1 0 の高さは、例えば 1200 nm 程度、直径は、例えば 0.75 μ m 程度である。

次に、本発明の技術思想を上記半導体集積回路装置の製造方法に適用した場合について図 15 から図 36 によって説明する。なお、図 15 から図 36 の各図において、(a) は図 14 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。また、以降の半導体集積回路装置の製造方法の説明においては、説明を簡単にするため図 14 の一部を抜き出した図を示すものとする。

まず、本発明の技術思想をシングルダマシン法に適用した場合の一例を説明する。図 15 に示す上記層間絶縁膜 17 c は、上記絶縁膜 1 a 上に堆積された有機絶縁膜 2 a と、その上に堆積された絶縁膜 5 a とを有している。絶縁膜 1 a の厚さは、例えば 50 nm 程度である。有機絶縁膜 2 a は、例えば有機 SOG 膜によって形成され、その厚さは、例えば 250 nm 程度である。絶縁膜 5 a は、例えば TEOS ガスを用いたプラズマ CVD 法によって形成された酸化シリコン膜等からなり、その厚さは、例えば 100 nm 程度である。この絶縁膜 5 a は、有機

絶縁膜 2 a の機械的強度を確保するためのものなので、有機絶縁膜 2 a が機械的な強度を有している場合には、絶縁膜 5 a を設けなくても良い。

このような層間絶縁膜 1 7 c 上に、図 1 6 に示すように、例えば厚さ 1 2 0 n m 程度の反射防止膜 2 1 a を塗布する。続いて、その反射防止膜 2 1 a 上に、フォトリジスト膜（マスキング層） 3 a を形成する。このフォトリジスト膜 3 a は、スルーホール形成用のマスクパターンであって、スルーホール形成領域が露出され、かつ、それ以外の領域が覆われるようにパターニングされている。その後、このフォトリジスト膜 3 a をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 a、層間絶縁膜 1 7 c をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。これにより、図 1 7 に示すように、スルーホール 4 b 1 を形成する。このスルーホール 4 b 1 の底面に窒化シリコン膜等からなる絶縁膜 1 a が残されている。スルーホール 4 b 1 の直径は、例えば 0 . 2 5 μ m 程度である。

上記反射防止膜 2 1 a のエッチング条件は次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $\text{CHF}_3 / \text{CF}_4 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 1 0 / 9 0 / 9 5 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 7 5 0 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 9 0 0 W 程度、下部電極温度は、例えば 1 0 $^{\circ}\text{C}$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。

また、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング処理においては、上記本発明の技術思想を用いている。したがって、スルーホール 4 b 1 の底にサブトレんチを生じさせることなく、しかも窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を高くした状態でエッチング処理が可能である。このエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $\text{C}_4\text{F}_8 / \text{N}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 1 2 / 2 0 0 / 3 0 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 2 0 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 1 0 0 0 / 6 0 0 W 程度、下部電極温度は、例えば 2 0 $^{\circ}\text{C}$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。

次いで、フォトリジスト膜 3 a および反射防止膜 2 1 a をアッシング処理によって図 1 8 に示すように除去した後、スルーホール 4 b 1 の底面から露出する絶縁膜 1 a をプラズマドライエッチング処理によって図 1 9 に示すように除去する

。このエッチング処理では、窒化シリコン膜を選択的にエッチング除去する。これにより、スルーホール 4 b 1 の底面から第 1 層配線 1 8 L 1 の上面が露出される。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $\text{CHF}_3 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 20 / 20 / 400 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 50 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 1000 / 200 W 程度、下部電極温度は、例えば 0 °C 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。

次いで、例えば窒化チタン (T i N) 、タンタル (T a) または窒化タンタル (T a N) 等からなるバリア導体膜を、層間絶縁膜 1 7 c 上およびスルーホール 4 b 1 内にスパッタリング法によって堆積する。このバリア導体膜は、銅原子の拡散を抑制する機能や配線と層間絶縁膜との密着性を向上させる機能を有している。続いて、そのバリア導体膜上に、例えば銅からなる薄いシード (S e e d) 導体膜をスパッタリング法によって堆積した後、そのシード導体膜上に、例えば銅からなる主導体膜をメッキ法によって堆積する。その後、その主導体膜、シード導体膜およびバリア導体膜の不要な部分を C M P 法等によって研磨して除去することにより、図 20 に示すように、スルーホール 4 b 1 内に接続部 1 8 P L 1 を形成する。

次いで、図 21 に示すように、層間絶縁膜 1 7 c および接続部 1 8 P L 1 の上面上に、上記絶縁膜 1 b をプラズマ C V D 法等によって堆積した後、その上に、層間絶縁膜 1 7 d を堆積する。層間絶縁膜 1 7 d は、有機絶縁膜 2 b とその上に堆積された絶縁膜 5 b とからなる。有機絶縁膜 2 b および絶縁膜 5 b の構造 (形成方法、材料、厚さおよび機能等) は、それぞれ上記有機絶縁膜 2 a および絶縁膜 5 a の構造 (形成方法、材料、厚さおよび機能等) と同じである。

続いて、層間絶縁膜 1 7 d 上に、図 22 に示すように、例えば上記反射防止膜 2 1 a と同じ厚さの反射防止膜 2 1 b を塗布する。その後、その反射防止膜 2 1 b 上に、フォトレジスト膜 3 b を形成する。このフォトレジスト膜 (マスキング層) 3 b は、配線溝形成用のマスクパターンであって、配線形成領域が露出され、かつ、それ以外の領域が覆われるようにパターンニングされている。その後、このフォトレジスト膜 3 b をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止

膜 2 1 b および層間絶縁膜 1 7 d をプラズマドライエッチング処理によって順に除去することにより、図 2 3 に示すように、溝 4 a 1 を形成する。溝 4 a 1 の底面には窒化シリコン膜からなる絶縁膜 1 b が残されている。

上記反射防止膜 2 1 b のエッチング条件は、上記反射防止膜 2 1 a のエッチング条件と同じである。また、上記層間絶縁膜 1 7 d のエッチング処理においては、上記本発明の技術思想を用いている。したがって、溝 4 a 1 の底にサブトレッチを生じさせることなく、しかも窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を高くした状態でエッチング処理が可能である。この層間絶縁膜 1 7 d のエッチング条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じである。

次いで、フォトリソスト膜 3 b および反射防止膜 2 1 b をアッシング処理によって図 2 4 に示すように除去した後、溝 4 a 1 の底面から露出する絶縁膜 1 b をプラズマドライエッチング処理によって図 2 5 に示すように除去する。これにより、溝 4 a 1 の底面から接続部 1 8 P L 1 の上面が露出される。この際のエッチング条件は、例えば処理ガスの $\text{CHF}_3 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ の流量比が $20 / 20 / 2000$ s c c m 程度である以外は、上記絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。続いて、例えば窒化チタン (T i N) からなるバリア導体膜を、層間絶縁膜 1 7 d 上および溝 4 a 1 内にスパッタリング法によって堆積する。このバリア導体膜は、銅原子の拡散を抑制する機能および層間絶縁膜と配線との密着性を向上させる機能を有している。続いて、そのバリア導体膜上に、例えば銅からなる薄いシード (S e e d) 導体膜をスパッタリング法によって堆積した後、そのシード導体膜上に、例えば銅からなる主導体膜をメッキ法によって堆積する。その後、その主導体膜、シード導体膜およびバリア導体膜の不要な部分を C M P 法等によって研磨して除去することにより、図 2 6 に示すように、溝 4 a 1 内に第 2 層配線 1 8 L 2 を形成する。

次に、本発明の技術思想をデュアルダマシン法に適用した場合の一例を説明する。なお、デュアルダマシン法の説明においては、図 1 4 の第 2、第 3 層配線部分を一例として抜き出してその形成方法を説明するが、第 4 から第 6 層配線を形成する場合も同様の形成方法で対応できる。層間絶縁膜 1 7 g から 1 7 k、1 7 m、1 7 n の構造も層間絶縁膜 1 7 c、1 7 d、1 7 e、1 7 f で代表されるも

のとする。

図 27 に示す上記絶縁膜 1 c は、銅の拡散を抑制する機能を有しており、その厚さは、例えば 50 nm 程度である。その絶縁膜 1 c 上には、層間絶縁膜 17 e が形成されている。この層間絶縁膜 17 e は、例えば上記有機絶縁膜 2 a と同じ材料および形成方法で形成されてなり、その厚さは、例えば 400 nm 程度である。層間絶縁膜 17 e 上には、上記絶縁膜 1 d が堆積されている。絶縁膜 1 d は主としてエッチングストップとして機能し、その厚さは、例えば 100 nm 程度である。

このような層間絶縁膜 17 e 上に、図 28 に示すように、上記反射防止膜 21 a 等と同じ厚さの反射防止膜 21 c を塗布した後、その反射防止膜 21 c 上に、フォトレジスト膜（マスキング層）3 c を形成する。このフォトレジスト膜 3 c は、スルーホール形成用のマスクパターンであって、スルーホール形成領域が露出され、かつ、それ以外の領域が覆われるようにパターンニングされている。その後、このフォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 21 c、絶縁膜 1 d をプラズマドライエッチング処理によって順に除去することにより、図 29 に示すように、絶縁膜 1 d にスルーホール 4 b 3 を形成する。このスルーホール 4 b 3 の底面からは層間絶縁膜 17 e が露出されている。スルーホール 4 b 3 の直径は、例えば 0.25 μ m 程度である。この残された絶縁膜 1 d は後述するようにエッチングマスクとして機能する。この反射防止膜 21 c のエッチング条件は、上記反射防止膜 21 a のエッチング条件と同じである。また、絶縁膜 1 d のエッチング条件は、例えば処理ガスの $\text{CHF}_3 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ の流量比が 20 / 20 / 200 sccm 程度である以外は、上記絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。

次いで、フォトレジスト膜 3 c および反射防止膜 21 c をアッシング処理によって図 30 に示すように除去した後、図 31 に示すように、絶縁膜 1 d およびスルーホール 4 b 3 から露出する層間絶縁膜 17 e 上に、有機絶縁膜 2 c および絶縁膜 5 c を下層から順に堆積して層間絶縁膜 17 f を形成する。有機絶縁膜 2 c および絶縁膜 5 c の構造（形成方法、材料、厚さおよび機能等）は、それぞれ上記有機絶縁膜 2 a および絶縁膜 5 a の構造（形成方法、材料、厚さおよび機能等

）と同じである。

続いて、層間絶縁膜 1 7 f 上に、図 3 2 に示すように、反射防止膜 2 1 d を塗布する。反射防止膜 2 1 d の厚さは、上記反射防止膜 2 1 a と同じである。その後、その反射防止膜 2 1 d 上に、フォトリジスト膜（マスキング層）3 d を形成する。このフォトリジスト膜 3 d は、配線溝形成用のマスクパターンであって、配線形成領域が露出され、かつ、それ以外の領域が覆われるようにパターンニングされている。その後、このフォトリジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 d および層間絶縁膜 1 7 f , 1 7 e をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。これにより、図 3 3 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f に溝 4 a 2 を形成し、かつ、層間絶縁膜 1 7 e にスルーホール 4 b 3 を形成する。すなわち、1 エッチング工程で溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の両方を形成することができる。この溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の底面には、それぞれ窒化シリコン膜からなる絶縁膜 1 d 、1 c が残されている。上記反射防止膜 2 1 d のエッチング条件は、上記反射防止膜 2 1 a のエッチング条件と同じである。また、層間絶縁膜 1 7 f , 1 7 e のエッチング処理では、絶縁膜 1 c 、1 d をエッチングストッパとして機能させる。そのエッチング条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じである。

次いで、フォトリジスト膜 3 d および反射防止膜 2 1 d をアッシング処理によって図 3 4 に示すように除去した後、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する絶縁膜 1 d 、1 c をプラズマドライエッチング処理によって図 3 5 に示すように除去する。このエッチング処理では、窒化シリコン膜を選択的にエッチング除去する。これにより、溝 4 a 2 の底面から層間絶縁膜 1 7 e の上面が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面から第 2 層配線 1 8 L 2 および接続部 1 8 P L 2 の上面が露出される。この際のエッチング条件は、上記絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。

続いて、例えば銅の拡散抑制機能および絶縁膜との密着性向上機能を有する窒化チタン（TiN）、タンタル（Ta）または窒化タンタル（Ta₂N₅）等からなるバリア導体膜を、層間絶縁膜 1 7 f 上、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 内にスパッタリング法によって堆積した後、そのバリア導体膜上に、例えば銅から

なる薄いシード (Seed) 導体膜をスパッタリング法によって堆積し、さらに、その上に、例えば銅からなる主導体膜をメッキ法によって堆積する。その後、その主導体膜、シード導体膜およびバリア導体膜の不要な部分をCMP法等によって研磨して除去することにより、図36に示すように、溝4a2内に第3層配線18L3を形成し、同時に、スルーホール4b3内に、その第3層配線18L3と一体的に構成される接続部18PL3を形成する。この第3層配線18L3は、スルーホール4b3内の接続部18PL3を通じて第2層配線18L2および接続部18PL2と電氣的に接続されている。すなわち、第3層配線18L3は、第2層配線18L2と接続部18PL2とを電氣的に接続している。図14に示した半導体集積回路装置においては、上述の配線形成方法を第6層配線18L6まで繰り返すことにより、その配線層を形成する。なお、第7層配線18L7は、層間絶縁膜17n上に配線形成用の導体膜を堆積した後、その導体膜を通常のフォトリソグラフィ技術およびドライエッチング技術によってパターンニングすることで形成する。

このような本実施の形態1によれば、以下の効果を得ることが可能となる。

(1) . 有機絶縁膜2, 2aから2cに溝や孔等のような凹部4を形成する際に、その凹部4の底面外周にサブトレンチ55が形成されてしまうのを抑制することが可能となる。

(2) . 上記(1)により、半導体集積回路装置を構成する配線層における不良の発生率を低減できる。したがって、半導体集積回路装置の信頼性および歩留まりを向上させることが可能となる。

(3) . 上記(1)により、有機絶縁膜2, 2aから2cにアスペクト比が高い溝や孔等のような凹部4を形成することが可能となる。

(4) . 上記(3)により、半導体集積回路装置を構成する配線の微細化が可能となり、半導体集積回路装置の高集積化が可能となる。

(5) . 有機絶縁膜2, 2aから2cに溝や孔等の凹部4を形成する際に、窒化シリコン膜からなる絶縁膜1, 1aから1kに対するエッチング選択比を高くできる。したがって、凹部4の形成時に絶縁膜1, 1aから1kの突き抜けの不具合を抑制することが可能となる。

(6) . 上記 (5) により、絶縁膜 1, 1 a から 1 k を薄くすることができるので、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げるることができる。したがって、半導体集積回路装置の動作速度を向上させることが可能となる。

(実施の形態 2)

本実施の形態 2 は、前記実施の形態 1 の変形例を説明するものであって、本発明の技術思想を前記実施の形態 1 で説明したデュアルダマシン法とは別のデュアルダマシン法に適用した場合について説明するものである。本実施の形態 2 の半導体集積回路装置の製造方法を図 3 7 から図 4 2 により説明する。なお、図 3 7 から図 4 2 の各図において、(a) は図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。

まず、図 2 7 に示した絶縁膜 1 d 上に、図 3 7 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f を形成する。本実施の形態 2 においては、絶縁膜 1 d の材料としては前記実施の形態 1 と同様に窒化シリコン膜を用いているが、これに代えて、例えば T E O S ガスを用いたプラズマ C V D 法で形成された厚さ 1 0 0 n m 程度の酸化シリコン膜としても良い。この層間絶縁膜 1 7 f は、上記したように有機絶縁膜 2 c 上に、絶縁膜 5 c が堆積されてなる。

続いて、図 3 8 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f 上に、上記反射防止膜 2 1 a 等と同じ厚さの反射防止膜 2 1 e を塗布する。その後、その反射防止膜 2 1 e 上に、上記フォトリソレジスト膜 (マスキング層) 3 c を形成した後、このフォトリソレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 e、層間絶縁膜 1 7 f をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。これにより、図 3 9 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f、絶縁膜 1 d、層間絶縁膜 1 7 e にスルーホール 4 b 3 を形成する。このスルーホール 4 b 3 の底面からは絶縁膜 1 c が露出されている。スルーホール 4 b 3 の直径は、例えば 0. 2 5 μ m 程度である。この反射防止膜 2 1 e のエッチング条件は、上記反射防止膜 2 1 a のエッチング条件と同じである。また、層間絶縁膜 1 7 f、絶縁膜 1 d および層間絶縁膜 1 7 e のエッチング処理は、例えば 3 段階に分けてエッチング処理を行う。すなわち、第 1 のエッチング処理では、酸化シリコン膜の方が窒化シリコン膜よりもエッチング除去され易い条件でエッチング処理することで絶縁膜 1 d をエッ

チングストップパとして層間絶縁膜 1 7 f をエッチング除去する。続いて、第 2 のエッチング処理では、窒化シリコン膜の方が酸化シリコン膜よりもエッチング除去され易い条件でエッチング処理することで絶縁膜 1 d をエッチング除去する。その後、第 3 のエッチング処理では、上記第 1 のエッチング処理と同様の条件で絶縁膜 1 c をエッチングストップパとして層間絶縁膜 1 7 e をエッチング除去する。層間絶縁膜 1 7 e 、 1 7 f のエッチング処理では、本発明の技術思想を適用する。そのエッチング条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じである。窒化シリコン膜等からなる絶縁膜 1 d のエッチング条件は、上記絶縁膜 1 a から 1 d のエッチング条件と同じである。

次いで、フォトレジスト膜 3 c および反射防止膜 2 1 e をアッシング処理によって図 4 0 に示すように除去した後、図 4 1 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f 上およびスルーホール 4 b 3 内に反射防止膜 2 1 f を塗布する。反射防止膜 2 1 f の厚さは、スルーホール 4 b 3 を埋め込むことから上記反射防止膜 2 1 a よりも厚く、例えば 2 4 0 n m 程度である。続いて、その反射防止膜 2 1 f 上に、上記フォトレジスト膜 3 d を形成した後、このフォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 f および層間絶縁膜 1 7 f をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。これにより、図 4 2 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f に溝 4 a 2 を形成する。なお、このエッチング処理後においては、スルーホール 4 b 3 の底部に反射防止膜 2 1 f が残されている。また、溝 4 a 2 の底面には、窒化シリコン膜からなる絶縁膜 1 d が残されている。

上記反射防止膜 2 1 f のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば N_2/O_2 を用い、その流量比は、例えば 3 5 / 5 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 1 0 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 5 0 0 / 1 4 0 W 程度、下部電極温度は、例えば $-20^{\circ}C$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。また、層間絶縁膜 1 7 f のエッチング処理は、本発明の技術思想を用いており、絶縁膜 1 d をエッチングストップパとして機能させる。そのエッチング条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じである。

次いで、フォトレジスト膜 3 d および反射防止膜 2 1 f をアッシング処理によ

って除去し、前記実施の形態 1 で用いた図 3 4 と同じ構造を得る。これ以降の製造工程は、前記実施の形態 1 の図 3 5 および図 3 6 で説明した工程と同じなので説明を省略する。

このような本実施の形態 2 においては、前記実施の形態 1 で得られた効果と同様の効果を得ることが可能となる。特に、アスペクト比の高いスルーホール 4 b 3 をその断面形状に不具合を生じさせることなく、窒化シリコン膜に対する高いエッチング選択比を確保したまま形成することができる。

(実施の形態 3)

本実施の形態 3 は、前記実施の形態 1、2 の変形例を説明するものであって、本発明の技術思想を前記実施の形態 1、2 で説明したデュアルダマシン法とは別のデュアルダマシン法に適用した場合について説明するものである。本実施の形態 3 の半導体集積回路装置の製造方法を図 4 3 から図 5 0 により説明する。なお、図 4 3 から図 5 0 の各図において、(a) は図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。

まず、図 3 7 に示した層間絶縁膜 1 7 f 上に、図 4 3 に示すように、例えば窒化シリコン膜からなる絶縁膜 2 2 を形成する。この絶縁膜 2 2 は、溝や孔形成時のエッチングマスク用の部材であり、その厚さは、例えば 1 5 0 n m 程度である。ただし、絶縁膜 2 2 は、窒化シリコン膜に限定されるものではなく種々変更可能であり、例えば窒化チタン、タンタル、窒化タンタル、ポリシリコンまたはこれら絶縁膜 2 2 として使用できる膜のうち、少なくとも 1 種類を含む膜を用いても良い。

続いて、図 4 4 に示すように、絶縁膜 2 2 上に、反射防止膜 2 1 e を塗布する。その後、その反射防止膜 2 1 e 上に、上記フォトレジスト膜 (マスク層) 3 d を形成した後、このフォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 e および絶縁膜 2 2 をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。これにより、絶縁膜 2 2 に層間絶縁膜 1 7 f の上面が露出されるような開口部 2 3 を形成する。上記反射防止膜 2 1 e のエッチング条件は、上記反射防止膜 2 1 a のエッチング条件と同じである。また、絶縁膜 2 2 のエッチング条件は、上記絶縁膜 1 d のエッチング条件と同じである。

次いで、フォトリジスト膜 3 d をアッシング処理によって図 4 6 に示すように除去した後、図 4 7 に示すように、絶縁膜 2 2 上および開口部 2 3 内に、上記反射防止膜 2 1 a と同じ厚さの反射防止膜 2 1 g を塗布する。続いて、その反射防止膜 2 1 g 上に、上記フォトリジスト膜 3 c を形成した後、このフォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 g、層間絶縁膜 1 7 f、絶縁膜 1 d および層間絶縁膜 1 7 e をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。これにより、図 4 8 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f、絶縁膜 1 d および層間絶縁膜 1 7 e にスルーホール 4 b 3 を形成する。スルーホール 4 b 3 の底面には層間絶縁膜 1 7 e が残されている。

上記反射防止膜 2 1 g のエッチング条件は、反射防止膜 2 1 a のエッチング条件と同じである。また、層間絶縁膜 1 7 f、絶縁膜 1 d および層間絶縁膜 1 7 e のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $\text{CHF}_3 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 50 / 10 / 500 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 50 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 2200 / 1400 W 程度、下部電極温度は、例えば -20°C 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。エッチング終点はエッチング時間の設定によって行っている。

次いで、フォトリジスト膜 3 c および反射防止膜 2 1 f をアッシング処理によって図 4 9 に示すように除去した後、残された絶縁膜 2 2 をエッチングマスクとし、かつ、絶縁膜 1 c、1 d をエッチングストップとして、開口部 2 3 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する層間絶縁膜 1 7 e をプラズマドライエッチング処理によって図 5 0 に示すように除去する。これにより、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を形成する。この溝 4 a 2 の底面からは、絶縁膜 1 d の上面が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面からは、絶縁膜 1 c の上面が露出される。この際のエッチング処理は、本発明の技術思想を用いており、その条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じである。

その後、絶縁膜 1 c、1 d、2 2 をプラズマドライエッチング処理によって除去する。このエッチング処理に際しては、窒化シリコン膜を選択的に除去する。このエッチング条件は、上記絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。このよ

うにして、前記実施の形態 1 で用いた図 3 4 と同じ構造を得る。これ以降の製造工程は、前記実施の形態 1 の図 3 5 および図 3 6 で説明した工程と同じなので説明を省略する。

このような本実施の形態 3 においては、前記実施の形態 1 で得られた効果と同様の効果を得ることが可能となる。

(実施の形態 4)

本実施の形態 4 は、前記実施の形態 1 の変形例を説明するものであって、層間絶縁膜の中間層に、窒化シリコン膜からなりエッチングストップとして機能する絶縁膜を設けずに埋込配線を形成するデュアルダマシン法に本発明の技術思想を適用した場合について説明するものである。本実施の形態 4 の半導体集積回路装置の製造方法を図 5 1 から図 5 9 により説明する。なお、図 5 1 から図 5 9 の各図において、(a) は半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。

図 5 1 に示すように、上記絶縁膜 1 c 上には、層間絶縁膜 1 7 p が堆積されている。層間絶縁膜 1 7 p は、有機絶縁膜 2 d および絶縁膜 5 d が下層から順に堆積されてなる。有機絶縁膜 2 d は、上記有機絶縁膜 2 a から 2 c と同じ材料および形成方法からなるが、その厚さが、上述したものよりも厚く、例えば 650 から 800 nm 程度である。また、絶縁膜 5 d は、上記絶縁膜 5 a から 5 c と同じ材料、同じ厚さ、形成方法および機能を有している。

まず、図 5 1 に示した層間絶縁膜 1 7 p 上に、図 5 2 に示すように、上記反射防止膜 2 1 e を塗布した後、上記フォトリソグレイ膜 (マスキング層) 3 c を形成する。続いて、このフォトリソグレイ膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 e、層間絶縁膜 1 7 p をプラズマドライエッチング処理によって除去する。これにより、図 5 3 に示すように、層間絶縁膜 1 7 p にスルーホール 4 b 3 を形成する。このスルーホール 4 b 3 の底面からは絶縁膜 1 c が露出されている。この反射防止膜 2 1 e のエッチング条件は、上記反射防止膜 2 1 a のエッチング条件と同じである。また、層間絶縁膜 1 7 p のエッチング処理は、本発明の技術思想を用い、絶縁膜 1 c をエッチングストップとして行っており、そのエッチング条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じであ

る。

次いで、フォトリジスト膜 3 c をアッシング処理によって図 5 4 に示すように除去した後、図 5 5 に示すように、層間絶縁膜 1 7 p 上およびスルーホール 4 b 3 内に反射防止膜 2 1 f を塗布する。続いて、その反射防止膜 2 1 f 上に、上記フォトリジスト膜 3 d を形成した後、このフォトリジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 f および層間絶縁膜 1 7 p をプラズマドライエッチング処理によって除去する。これにより、図 5 6 に示すように、層間絶縁膜 1 7 p に溝 4 a 2 を形成する。

上記反射防止膜 2 1 f のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば N_2 / O_2 を使い、その流量比は、例えば 3 5 / 5 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 1 0 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 5 0 0 / 1 4 0 W 程度、下部電極温度は、例えば $-20^{\circ}C$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。このエッチング処理後においては、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 内反射防止膜 2 1 f が残されている。

また、層間絶縁膜 1 7 p のエッチング条件は、上記層間絶縁膜 1 7 c のエッチング条件と同じである。ただし、本実施の形態 4 においては、層間絶縁膜 1 7 p の厚さ方向の途中位置に窒化シリコン等からなるエッチングストップ層を設けてないので、この層間絶縁膜 1 7 p のエッチング処理に際しては、そのエッチング終点をエッチング時間によって決めている。すなわち、溝 4 a 2 の深さをエッチング時間によって決めている。

次いで、フォトリジスト膜 3 d および反射防止膜 2 1 f をアッシング処理によって図 5 7 に示すように除去する。続いて、スルーホール 4 b 3 の底部の絶縁膜 1 c を図 5 8 に示すように前記実施の形態 1 から 3 で説明したように選択的にエッチング除去することにより、スルーホール 4 b 3 の底面から第 2 層配線 1 8 L 2 の一部を露出させる。その後、前記実施の形態 1 から 3 と同様にスルーホール 4 b 3 および溝 4 a 2 内に導体膜を埋め込むことにより、図 5 9 に示すように第 3 層配線 1 8 L 3 を形成する。

本実施の形態 4 においては、前記実施の形態 1 から 3 で得られた効果の他に、

以下の効果を得ることが可能となる。すなわち、層間絶縁膜 17 p の中間層に窒化シリコン膜からなる絶縁膜（前記絶縁膜 1 d 等）を設けないことにより、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げるができるので、半導体集積回路装置の動作速度をさらに向上させることが可能となる。

（実施の形態 5）

本実施の形態 5 は、本発明の他の技術思想を説明するものであって、有機絶縁膜に対して、フロロカーボンガスおよび酸素ガスを含むガス雰囲気中においてプラズマエッチング処理を施すことにより、その有機絶縁膜に配線形成用の溝や孔等のような凹部を形成する際に、そのエッチング処理中にエッチング条件を変えて複数段階に分けて処理を行うものである。

本発明者らは、上記有機絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成するためのエッチング処理に際し、処理ガス中の酸素の量と上記サブトレンチおよび窒化シリコン膜に対するエッチング選択比との関係について検討した。図 60 は、その検討結果を示すものである。なお、下記のいずれのエッチング処理もエッチング装置は上記実施の形態 1 で説明した平行平板型の R I E 装置を用いた。また、いずれの場合も高周波電力は、例えば 3 から 0.2 kW 程度である。また、いずれの場合も、被処理用の半導体集積回路基板として、例えば直径 8 インチ程度の半導体ウェハを用いた。

図 60 の左側は、上記凹部 4 の形状を優先してエッチング条件を設定した場合である（形状優先条件）。処理ガスとしては、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用い、その流量比は、例えば 100 から 5 / 90 から 0 / 1000 から 0 s c c m 程度である。ただし、ここでは、 C_4F_8 流量 $> O_2$ 流量とする。この場合、凹部 4 の形状は良好であるが、エッチング選択比は 2 以下と低くなる。

一方、図 60 の右側は、上部窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を優先としてエッチング条件を設定した場合である（高選択比条件）。処理ガスとしては、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用い、その流量比は、例えば 100 から 5 / 90 から 0 / 1000 から 0 s c c m 程度である。ただし、ここでは、 C_4F_8 流量 $\leq O_2$ 流量とする。この場合、凹部 4 の底にサブトレンチ 55 が形成されているが、エッチング選択比は 5 まで確保できる。

このようにいずれか一方のエッチング条件のみで有機絶縁膜 2 に凹部 4 を形成しようとする問題が生じる。そこで、本発明の技術思想においては、上記有機絶縁膜に上記溝や孔等のような凹部を形成する際に、1 回のエッチング処理で形成するのではなく、有機絶縁膜の途中の深さまでは上記形状優先条件でエッチング処理を行い、その後、残りの有機絶縁膜を上記高選択比条件でエッチング除去するものである。

本発明の技術思想を上記シングルダマシン法に適用した場合を図 6 1 によって説明する。まず、図 6 1 (a) に示すように、絶縁膜 5 上にフォトリジスト膜 3 を形成した後、このフォトリジスト膜 3 をエッチングマスクとして 1 回目のエッチング処理を施すことにより絶縁膜 5 および有機絶縁膜 2 に溝または孔等のような凹部 4 を形成する。この 1 回目のエッチング処理においては、エッチング条件を上記した形状優先条件（例えば C_4F_8 流量 $> O_2$ 流量）とし、窒化シリコン膜等からなる絶縁膜 1 の直上までエッチング処理を行う。すなわち、この処理後においては、凹部 4 の底面には、有機絶縁膜 2 が残され、絶縁膜 1 が露出されない。この凹部 4 の底部に残されている有機絶縁膜 2 の厚さは、エッチング処理前の元の有機絶縁膜 2 の厚さの 30 % 以下、あるいは 20 % 以下、好ましくは 15 % 以下である。

続いて、図 6 1 (b) に示すように、フォトリジスト膜 3 をそのままエッチングマスクとして 2 回目のエッチング処理を施すことによりフォトリジスト膜 3 から露出された残りの有機絶縁膜 2 を除去して凹部 4 を完成させる。この 2 回目のエッチング処理においては、エッチング条件を上記した高選択比条件（例えば C_4F_8 流量 $\leq O_2$ 流量）とする。このため、窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を高くした状態でエッチング処理を行うことが可能である。また、凹部 4 の底部に小さなサブトレンチ 5 5 が発生するが、これは許容の範囲であって絶縁膜 1 の上部の一部が削れる程度のものである。この処理後においては、凹部 4 の底面から絶縁膜 1 が露出される。

次に、本発明の技術思想を上記デュアルダマシン法に適用した場合を図 6 2 によって説明する。なお、図 6 2 (a) の絶縁膜 1 A, 1 B は、例えば窒化シリコン膜からなる上記絶縁膜 1 に対応し、有機絶縁膜 2 A, 2 B は、上記した有機絶

縁膜 2 に対応している。絶縁膜 1 B は、有機絶縁膜 2 A, 2 B の間に形成され、孔形成用の開口部 2 3 が形成されている。

まず、図 6 2 (a) に示すように、絶縁膜 5 上にフォトレジスト膜 3 を形成した後、このフォトレジスト膜 3 をエッチングマスクとして 1 回目のエッチング処理を施すことにより、図 6 2 (b) に示すように、絶縁膜 5 および有機絶縁膜 2 B に溝または孔等のような凹部 4 A を形成する。この 1 回目のエッチング処理においては、エッチング条件を上記した形状優先条件（例えば C_4F_8 流量 $> O_2$ 流量）とし、絶縁膜 1 B の直上までエッチング処理を行う。すなわち、この処理後においては、凹部 4 A の底面には、有機絶縁膜 2 B が残され、その底面から絶縁膜 1 B が露出されない。この凹部 4 A の底部に残されている有機絶縁膜 2 B の厚さは、エッチング処理前の元の有機絶縁膜 2 B の厚さの 30% 以下、あるいは 20% 以下、好ましくは 15% 以下である。

続いて、図 6 2 (c) に示すように、フォトレジスト膜 3 をそのままエッチングマスクとして 2 回目のエッチング処理を施すことによりフォトレジスト膜 3 から露出された残りの有機絶縁膜 2 B を除去する。そして、そのままエッチング処理を進めることにより、絶縁膜 1 B をエッチングマスクとして絶縁膜 1 B から露出する有機絶縁膜 2 A をも除去する。これにより、凹部 4 A、4 B を完成させる。この 2 回目のエッチング処理においては、エッチング条件を上記した高選択比条件（例えば C_4F_8 流量 $\leq O_2$ 流量）とする。このため、窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を高くした状態でエッチング処理を行うことが可能である。また、凹部 4 A の底部外周に上記と同様の小さなサブトレンチ 5 5 が発生するが許容の範囲である。この処理後においては、凹部 4 B の底面から絶縁膜 1 A が露出される。

次に、このような本発明の技術思想を半導体集積回路装置の製造方法に適用した場合を図 6 3 から図 7 0 によって説明する。なお、図 6 3 から図 7 0 の各図において、(a) は図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。

本発明の技術思想をシングルダマシン法に適用した場合について説明する。まず、図 6 3 に示すように、前記実施の形態 1 と同様に、フォトレジスト膜 3 a を

エッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 a をプラズマドライエッチング処理によって除去して絶縁膜 5 a を露出させる。なお、ここでの有機絶縁膜 2 a の厚さは、例えば 4 0 0 n m 程度である。また、フォトレジスト膜 3 a の厚さは、例えば 0 . 7 8 μ m 程度である。

続いて、図 6 4 に示すように、フォトレジスト膜 3 a をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 a および有機絶縁膜 2 a を、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって除去することによりスルーホール 4 b 1 を形成する。ただし、このエッチング処理では、エッチング条件を上記形状優先条件とし、有機絶縁膜 2 a の厚さ方向の途中の位置（絶縁膜 1 a の直上）でエッチング処理を終了する。したがって、この処理後のスルーホール 4 b 1 の底面には、サブトレんチは形成されない。また、スルーホール 4 b 1 の底面からは有機絶縁膜 2 a が露出され、絶縁膜 1 a は露出されない。この際の詳細なエッチング条件は、次の通りである。すなわち、 $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスの流量比は、例えば 3 5 / 2 0 / 4 0 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 2 5 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 5 0 0 / 2 0 0 W 程度、下部電極温度は、例えば - 2 0 $^{\circ}C$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。

その後、スルーホール 4 b 1 の底部の有機絶縁膜 2 a を、図 6 5 に示すように、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって除去する。ただし、このエッチング処理では、エッチング条件を上記高選択比条件とし、絶縁膜 1 a をエッチングストップとして機能させ、絶縁膜 1 a の上面が露出されるまでエッチング処理を行う。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、 $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスの流量比は、例えば 1 3 / 1 5 / 4 2 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 3 0 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 2 2 0 0 / 1 4 0 0 程度、下部電極温度は、例えば - 2 0 $^{\circ}C$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。

次いで、前記実施の形態 1 と同様に、フォトレジスト膜 3 a および反射防止膜 2 1 a をアッシング処理によって除去した後、スルーホール 4 b 1 の底面から露

出する絶縁膜 1 a を、例えば $\text{CHF}_3 / \text{O}_2$ を用いたプラズマドライエッチング処理によって図 6 6 に示すように除去することにより、第 1 層配線 1 8 L 1 の上面の一部を露出させ、スルーホール 4 b 1 を完成させる。このエッチング処理では、窒化シリコン膜を選択的にエッチング除去する。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、 $\text{CHF}_3 / \text{O}_2$ の流量比は、例えば 20 / 20 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 50 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 1000 / 200 W 程度、下部電極温度は、例えば -10°C 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。その後、前記実施の形態 1 と同様に、スルーホール 4 b 1 内に、導体膜を埋め込み、接続部 1 8 P L 1 を形成する。

次に、本発明の技術思想をデュアルダマシン法に適用した場合について説明する。図 6 7 は、前記実施の形態 1 の図 2 7 から図 3 2 で説明した工程を経た後の本実施の形態 5 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。なお、ここでの有機絶縁膜 2 c の厚さは、例えば 300 n m 程度である。また、フォトレジスト膜 3 d の厚さは、例えば $0.78 \mu\text{m}$ 程度である。この状態から前記実施の形態 1 と同様に、フォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 d をプラズマドライエッチング処理によって除去して絶縁膜 5 c を露出させる。

続いて、図 6 8 に示すように、フォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 c および有機絶縁膜 2 c を、例えば $\text{C}_4\text{F}_8 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって除去することにより溝 4 a 2 を形成する。ただし、このエッチング処理では、エッチング条件を上記形状優先条件とし、有機絶縁膜 2 c の厚さ方向の途中の位置（絶縁膜 1 d の直上）でエッチング処理を終了する。したがって、この処理後の溝 4 a 2 の底面には、サブトレンチは形成されない。また、溝 4 a 2 の底面からは有機絶縁膜 2 c が露出され、絶縁膜 1 c は露出されない。この際のエッチング条件は、例えば本実施の形態 5 の図 6 4 のスルーホール 4 b 1 を形成する際のエッチング条件と同じである。

その後、溝 4 a 2 の底部の有機絶縁膜 2 c および絶縁膜 1 d から露出する層間

絶縁膜 17 e を、図 69 に示すように、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって除去する。ただし、このエッチング処理では、エッチング条件を上記高選択比条件とし、絶縁膜 1 d、1 c をエッチングストップとして機能させ、絶縁膜 1 c の上面が露出されるまでエッチング処理を行う。これにより、溝 4 a 2 およびその底部から下方に延びるスルーホール 4 b 3 を形成する。この溝 4 a 2 の底面には絶縁膜 1 d が残され、スルーホール 4 b 3 の底面には絶縁膜 1 d が残されている。この際のエッチング条件は、例えば本実施の形態 5 の図 65 のスルーホール 4 b 1 を形成する際のエッチング条件と同じである。

次いで、前記実施の形態 1 と同様に、フォトレジスト膜 3 d および反射防止膜 21 d をアッシング処理によって除去した後、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する絶縁膜 1 d、1 c を、例えば CHF_3/O_2 を用いたプラズマドライエッチング処理によって図 70 に示すように除去することにより、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を完成させる。この処理後の溝 4 a 2 の底面からは層間絶縁膜 17 e の上面が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面からは接続部 18 PL2 の上面の一部が露出する。この際のエッチング条件は、本実施の形態 5 の図 65、図 66 を用いて説明した絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。その後、前記実施の形態 1 と同様に、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 内に、導体膜を埋め込み、第 3 層配線 18 L3 および接続部 18 PL3 (図 14、図 36 等参照) を形成する。これ以降は前記実施の形態 1 と同じなので説明を省略する。

このような本実施の形態 5 においては、以下の効果が得られる。

(1) . 有機絶縁膜 2、2 a から 2 c に溝や孔等のような凹部 4 を形成する際に、その凹部 4 の底面にサブトレンチが形成されないように、あるいは形成されても許容値の範囲を越えないように、その凹部 4 を形成することが可能となる。

(2) . 上記 (1) により、半導体集積回路装置を構成する配線層における不良の発生率を低減できる。したがって、半導体集積回路装置の信頼性および歩留まりを向上させることが可能となる。

(3) . 上記 (1) により、有機絶縁膜 2、2 a から 2 c にアスペクト比が高い

溝や孔等のような凹部 4 を形成することが可能となる。

(4) . 上記 (3) により、半導体集積回路装置を構成する配線の微細化が可能となり、半導体集積回路装置の高集積化が可能となる。

(5) . 有機絶縁膜 2 , 2 a から 2 c に溝や孔等のような凹部 4 を形成する際に、2 回目のエッチング処理では高選択比条件でエッチング処理を行うので、窒化シリコン膜からなる絶縁膜 1 , 1 a から 1 k に対するエッチング選択比を確保した状態でのエッチング処理が可能である。したがって、凹部 4 の形成時に絶縁膜 1 , 1 a から 1 k の突き抜けの不具合を抑制することが可能となる。

(6) . 上記 (5) により、絶縁膜 1 , 1 a から 1 k を薄くすることができるので、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げることができる。したがって、半導体集積回路装置の動作速度を向上させることが可能となる。

(7) . 上記 (1) から (6) の効果を従来からの環境、例えばエッチング装置やガス種を変えずに得ることが可能となる。

(実施の形態 6)

本実施の形態 6 は、前記実施の形態 5 の変形例を説明するものであって、上記半導体集積回路装置の配線を前記実施の形態 5 で説明したデュアルダマシン法とは別のデュアルダマシン法で形成する場合における本願発明の技術思想の適用例を説明するものである。

以下、本実施の形態 6 の半導体集積回路装置の製造方法を図 7 1 から図 7 8 により説明する。なお、図 7 1 から図 7 8 の各図において、(a) は図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A - A 線の断面図である。

図 7 1 は、前記実施の形態 2 の図 3 7 から図 3 8 で説明した工程を経た後の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。なお、ここでの有機絶縁膜 2 c の厚さは、例えば 3 0 0 n m 程度である。また、フォトレジスト膜 3 c の厚さは、例えば 0 . 7 8 μ m 程度である。この状態から前記実施の形態 2 と同様に、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 e をプラズマドライエッチング処理によって除去して絶縁膜 5 c を露出させる。

続いて、図 7 2 に示すように、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 c、有機絶縁膜 2 c、絶縁膜 1 d および層間絶縁膜 1 7 e を、例えば $C_4F/O_2/Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって順次に除去することによりスルーホール 4 b 3 を形成する。ただし、このエッチング処理では、エッチング条件を前記形状優先条件とし、有機絶縁膜からなる層間絶縁膜 1 7 e の厚さ方向の途中位置（絶縁膜 1 c の直上）でエッチング処理を終了する。したがって、この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面には、サブトレんチは形成されない。また、スルーホール 4 b 3 の底面からは層間絶縁膜 1 7 e が露出され、絶縁膜 1 c は露出されない。この際のエッチング条件は、前記実施の形態 5 の図 6 4 のスルーホール 4 b 1 の形成時のエッチング条件と同じである。

その後、スルーホール 4 b 3 の底部の層間絶縁膜 1 7 e を、図 7 3 に示すように、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって除去する。ただし、このエッチング処理では、エッチング条件を前記高選択比条件とし、絶縁膜 1 c をエッチングストップとして機能させ、絶縁膜 1 c の上面が露出されるまでエッチング処理を行う。この際のエッチング条件は、例えば前記実施の形態 5 の図 6 5 のスルーホール 4 b 1 の形成時のエッチング条件と同じである。

次いで、前記実施の形態 2 と同様に、フォトレジスト膜 3 c および反射防止膜 2 1 e をアッシング処理によって除去した後、図 7 4 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f 上およびスルーホール 4 b 3 内に反射防止膜 2 1 f を塗布する。続いて、その反射防止膜 2 1 f 上に、上記フォトレジスト膜 3 d を形成した後、このフォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 f を、例えば前記実施の形態 2 と同じ条件で図 7 5 に示すように除去する。その後、そのフォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する層間絶縁膜 1 7 f をプラズマドライエッチング処理によって除去することにより、図 7 6 に示すように、層間絶縁膜 1 7 f に溝 4 a 2 を形成する。ただし、この際のエッチング条件は、上記形状優先条件とし、そのエッチング処理を有機絶縁膜 2 c の厚さ方向の途中位置（絶縁膜 1 d の直上）で終了する。したがって、この

処理後の溝 4 a 2 の底面には、サブトレんチは形成されない。また、溝 4 a 2 の底面からは有機絶縁膜 2 c が露出され、絶縁膜 1 c は露出されない。また、この場合、スルーホール 4 b 3 内に反射防止膜 2 1 f が残されている。この際のエッチング条件は、例えば前記実施の形態 5 の図 6 4 のスルーホール 4 b 1 の形成時のエッチング条件と同じである。

次いで、溝 4 a 2 の底部の有機絶縁膜 2 c を、図 7 7 に示すように、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理によって除去する。ただし、この際にはエッチング条件を上記高選択比条件とし、絶縁膜 1 d をエッチングストップとして機能させ、絶縁膜 1 d の上面が露出されるまでエッチング処理を行う。これにより、溝 4 a 2 の底面から絶縁膜 1 d を露出させる。なお、スルーホール 4 b 3 の底面内には反射防止膜 2 1 f が残されている。この際のエッチング条件は、例えば本実施の形態 5 の図 6 5 のスルーホール 4 b 1 の形成時のエッチング条件と同じである。

次いで、前記実施の形態 2 と同様に、フォトリジスト膜 3 d および反射防止膜 2 1 f をアッシング処理によって除去した後、スルーホール 4 b 3 および溝 4 a 2 の底面から露出する絶縁膜 1 c、1 d を、例えば CHF_3/O_2 を用いたプラズマドライエッチング処理によって図 7 8 に示すように除去することにより、第 1 層配線 1 8 L 1 の上面の一部を露出させ、スルーホール 4 b 3 および溝 4 a 2 を完成させる。このエッチング条件は、前記実施の形態 5 の図 6 5、図 6 6 を用いて説明した絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。これ以降は前記実施の形態 1 から 5 と同じなので説明を省略する。

このような本実施の形態 6 においても前記実施の形態 5 と同様の効果を得ることが可能となる。特に、アスペクト比の高いスルーホール 4 b 3 を、その断面形状に不具合を生じさせることなく、あるいは生じさせても許容の範囲内で、窒化シリコン膜に対する高いエッチング選択比を確保したまま形成することができる。

(実施の形態 7)

本実施の形態 7 は、前記実施の形態 5 の変形例を説明するものであって、上記半導体集積回路装置の配線を前記実施の形態 5、6 で説明したデュアルダマシン

法とはさらに他のデュアルダマシン法で形成する場合における本願発明の技術思想の適用例を説明するものである。

以下、本実施の形態 7 の半導体集積回路装置の製造方法を図 7 9 から図 8 4 により説明する。なお、図 7 9 から図 8 4 の各図において、(a) は図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。

図 7 9 は、前記実施の形態 3 の図 4 3 から図 4 7 で説明した工程を経た後の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。なお、ここでの有機絶縁膜 2 c の厚さおよびフォトレジスト膜 3 c の厚さは、例えば前記実施の形態 5、6 と同じである。この状態から前記実施の形態 3 と同様に、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 g をプラズマドライエッチング処理によって除去して絶縁膜 5 c を露出させる。

続いて、図 8 0 に示すように、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 c および有機絶縁膜 2 c を、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用い、かつ、前記実施の形態 6 と同様に形状優先条件に設定したプラズマドライエッチング処理によって順次に除去することによりスルーホール 4 b 3 を形成する。この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面には有機絶縁膜 2 c が残され、絶縁膜 1 d は露出されない。

その後、スルーホール 4 b 3 の底部の有機絶縁膜 2 c を、図 8 1 に示すように、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用い、かつ、前記実施の形態 6 と同様に高選択比条件に設定したプラズマドライエッチング処理によって除去する。これにより、この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面からは絶縁膜 1 d が露出される。

次いで、フォトレジスト膜 3 c をマスクとして、スルーホール 4 b 3 の底面から露出する絶縁膜 1 d を、例えば CHF_3/O_2 を用いたプラズマドライエッチング処理によって図 8 2 に示すように除去することにより、スルーホール 4 b 3 の底面から層間絶縁膜 1 7 e の上面を露出させる。このエッチング条件は、前記実施の形態 5 の図 6 5、図 6 6 を用いて説明した絶縁膜 1 a のエッチング条件と同じである。

続いて、前記実施の形態 3 と同様に、フォトレジスト膜 3 c および反射防止膜

2 1 g をアッシング処理によって図 8 3 に示すように除去した後、残された絶縁膜 2 2 をエッチングマスクとし、かつ、絶縁膜 1 c、1 d をエッチングストップとして、開口部 2 3 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する層間絶縁膜 1 7 f、1 7 e をプラズマドライエッチング処理によって除去する。これにより、図 8 4 に示すように、溝 4 a 2 およびその底面から下方に延びるスルーホール 4 b 3 を形成する。この溝 4 a 2 の底面からは、絶縁膜 1 d の上面が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面からは、絶縁膜 1 c の上面が露出される。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 1 8 / 1 5 / 4 2 0 s c c m 程度である。処理室内の圧力は、例えば 3 0 m T o r r 程度、高周波電力は、例えば 2 2 0 0 / 1 4 0 0 W 程度、下部電極温度は、例えば $-20^{\circ}C$ 程度である。エッチング装置としては、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用いた。

これ以降の製造工程は、前記実施の形態 3 の図 5 0 で説明した工程および前記実施の形態 1 の図 3 5 および図 3 6 で説明した工程と同じなので説明を省略する。

このような本実施の形態 7 においては、前記実施の形態 5 で得られた効果の他に以下の効果を得ることが可能となる。すなわち、スルーホール 4 b 3 の加工において層間絶縁膜に窒化シリコン膜からなるエッチングストップが設けられているので、スルーホール 4 b 3 の加工精度（深さの精度）を向上させることが可能となる。

（実施の形態 8）

本実施の形態 8 は、前記実施の形態 5 の変形例を説明するものであって、上記半導体集積回路装置の配線を前記実施の形態 5 から 7 で説明したデュアルダマシン法とはさらに他のデュアルダマシン法で形成する場合における本願発明の技術思想の適用例を説明するものである。

以下、本実施の形態 8 の半導体集積回路装置の製造方法を図 8 5 から図 9 0 により説明する。なお、図 8 5 から図 9 0 の各図において、(a) は図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部平面図、(b) は (a) の A - A 線の断面図である。

図 8 5 は、前記実施の形態 4 の図 5 1、図 5 2 で説明した工程を経た後の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。なお、ここでの有機絶縁膜 2 d の厚さは、例えば 8 0 0 n m 程度である。また、フォトレジスト膜 3 c の厚さは、例えば前記実施の形態 5 から 7 と同じである。この状態から前記実施の形態 4 と同様に、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 e をプラズマドライエッチング処理によって除去して絶縁膜 5 d を露出させる。

続いて、図 8 6 に示すように、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 d および有機絶縁膜 2 d を、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用い、かつ、前記実施の形態 6、7 と同様に形状優先条件に設定したプラズマドライエッチング処理によって順次に除去することによりスルーホール 4 b 3 を形成する。この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面には有機絶縁膜 2 c が残され、絶縁膜 1 c は露出されない。

その後、スルーホール 4 b 3 の底部の有機絶縁膜 2 d を、図 8 7 に示すように、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ ガスを用い、かつ、前記実施の形態 6、7 と同様に高選択比条件に設定したプラズマドライエッチング処理によって除去する。これにより、この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面からは絶縁膜 1 c が露出される。

次いで、前記実施の形態 4 と同様に、フォトレジスト膜 3 c および反射防止膜 2 1 e をアッシング処理によって除去した後、図 8 8 に示すように、層間絶縁膜 1 7 p 上およびスルーホール 4 b 3 内に反射防止膜 2 1 f を塗布する。続いて、その反射防止膜 2 1 f 上に、上記フォトレジスト膜 3 d を形成した後、このフォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 f を、例えば前記実施の形態 4 と同じエッチング条件で除去する。

その後、そのフォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 d および有機絶縁膜 2 d を、例えば前記実施の形態 6、7 と同様に形状優先条件に設定したプラズマドライエッチング処理によって順次に除去することにより、図 8 9 に示すように、層間絶縁膜 1 7 p に溝 4 a 2 を形成する。このエッチング処理では、エッチング時間によって溝 4 a 2 の深さを制御している

。この溝 4 a 2 の底面からは有機絶縁膜 2 d が露出され、絶縁膜 1 c は露出されない。また、この場合、スルーホール 4 b 3 内に反射防止膜 2 1 f が残されている。

次いで、フォトリソ膜 3 d および反射防止膜 2 1 f をアッシング処理によって図 9 0 に示すように除去する。このようにして、層間絶縁膜 1 7 p に溝 4 a 2 およびその底面から下方に延びるスルーホール 4 b 3 を形成する。これ以降の製造工程は、前記実施の形態 4 の図 5 8, 図 5 9 で説明した工程と同じなので説明を省略する。

このような本実施の形態 8 においては、前記実施の形態 5、6 で得られた効果の他に、以下の効果を得ることが可能となる。すなわち、層間絶縁膜 1 7 p の中間層に窒化シリコン膜からなる絶縁膜（前記絶縁膜 1 d 等）を設けないことにより、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げることができるので、半導体集積回路装置の動作速度をさらに向上させることが可能となる。

（実施の形態 9）

本実施の形態 9 は、本発明の他の技術思想を説明するものであって、前記有機絶縁膜のエッチング形状（前記凹部の形状）を、処理ガス中の酸素の流量と C F 系のガスの流量との比を適当な値にすることで制御するものである。

図 9 1 (a) は、平行平板型狭電極 R I E 装置で、例えば有機 S O G 膜により形成された有機絶縁膜と、窒化シリコン膜とをエッチング除去したときの処理ガス中における酸素流量と C F 系のガス（例えば C_4F_8 ）流量との比と、各膜のエッチング速度との関係を示している。この時のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 8 から 43 / 15 / 400 s c c m 程度、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4 . 0 P a 程度、高周波電力密度は、例えば 4 . 5 W / c m² 程度である。上記有機絶縁膜のエッチング速度は、処理ガス中の酸素と C_4F_8 との比が 1 近傍で極大値をとっている。

図 9 1 (b) は、上記エッチング条件で有機絶縁膜の溝パターン（凹部 4）を加工した時のエッチング形状を観測した結果を模式的に示している。エッチング速度が極大値になる処理ガス中の酸素と C_4F_8 との比以上では、前記サブトレ

ンチと呼ばれる異常形状が発生し、酸素の比率が増加するとサブトレンチは深くなる。その様子をサブトレンチの深さのエッチング深さに対する比として示したのが図 9 1 (c) である。この図 9 1 (c) から処理ガス中の酸素と C_4F_8 との比を変化させることにより、有機絶縁膜のエッチング形状を制御できることがわかる。

第 1 に、処理ガス中における酸素の比率が 0.3 以上、0.5 以下の範囲においては、有機絶縁膜の凹部 4 の断面形状を矩形状に形成することができる。これを酸素の炭素に対する比として表すと、0.15 以上、0.25 以下の範囲になる。第 2 に、処理ガス中における酸素の比率が 0 以上、0.5 以下の範囲においては、図 9 1 (b) に示すように、凹部 4 の側面にテーパ角がついてしまうので、エッチングするパターンの幅と深さによってはエッチング形状がくさび形になる。しかし、サブトレンチ（異常形状）は発生しないので、エッチングするパターンの幅および深さを考慮すれば、有機絶縁膜のエッチングに使用できる。この範囲は酸素の炭素に対する比として表すと、0 以上、0.25 以下の範囲になる。第 3 に、処理ガス中の酸素の比率が 0.3 以上、0.7 以下の範囲においては、図 9 1 (b) に示すように、テーパ角はつかないものの、エッチング深さに対するサブトレンチの深さが 0.3 以下のサブトレンチが発生する。しかし、サブトレンチの深さはそれほど深くないので、例えば配線形成用の溝として使用可能である。これを酸素の炭素に対する比として表すと、0.15 以上、0.35 以下の範囲になる。

ダマシン法による配線構造等でエッチングストップ膜あるいは配線材料に銅を使用した場合には銅の拡散を抑制する膜として使用される窒化シリコン膜と有機絶縁膜とのエッチング選択比も、処理ガス中の酸素流量と CF 系のガス（例えば C_4F_8 ）流量の比が 0 以上、0.7 以下の範囲では、図 9 1 (a) からわかるように、3 程度あるので、窒化シリコン膜上でエッチングを停止させることも可能である。

このような効果は、前記したスルーホールやコンタクトホール等のような孔パターンについても同様の効果が得られる。また、上記エッチング条件は、高周波電力密度が 4.5 W/cm^2 の結果であるが、その値が、例えば 3 W/cm^2

以上、 $6 \text{ W} / \text{cm}^2$ 以下の範囲においては同様の効果を得ることができる。また、上記エッチング条件は、一例であり、 C_4F_8 流量、酸素流量の絶対値を変えても、高周波電力密度が上記の範囲にあり、酸素流量の CF 流量に対する比が 0 以上、0.7 以下、酸素の炭素に対する比として表すと、0 以上、0.35 以下であれば、上記の効果が得られる。

(実施の形態 10)

本実施の形態 10 は、前記実施の形態 9 の変形例を説明するものであって、前記高周波電力密度の範囲を前記実施の形態 9 に示した範囲よりも小さくした場合を説明するものである。

図 92 (a) は、平行平板型狭電極 RIE 装置の高周波電力密度の範囲を前記実施の形態 9 に示した範囲よりも小さくした際の処理ガス中の酸素流量と CF 系のガス (例えば C_4F_8) 流量との比に対する上記有機絶縁膜および窒化シリコン膜のエッチング速度の関係を示している。この時のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、処理ガスは、例えば $\text{C}_4\text{F}_8 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 25 / 0 から 50 / 400 sccm 程度、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4.0 Pa 程度、高周波電力密度は、例えば $0.6 \text{ W} / \text{cm}^2$ 程度である。この場合も、上記有機絶縁膜のエッチング速度は、処理ガス中の酸素と C_4F_8 との比が 1 近傍で極大値をとっている。

図 92 (b) は、上記エッチング条件で有機絶縁膜の溝パターン (凹部 4) を加工した時のエッチング形状の観測結果を模式的に示している。エッチング速度が極大値になる処理ガス中の酸素と C_4F_8 との比以上では、前記サブトレンチ (異常形状) が発生し、酸素の比率が増加するとサブトレンチは深くなる。その様子をサブトレンチの深さのエッチング深さに対する比として示したのが図 92 (c) である。この場合もこの図 92 (c) から処理ガス中の酸素と C_4F_8 との比を変化させることにより、有機絶縁膜のエッチング形状を制御できることがわかる。

第 1 に、処理ガス中における酸素の比率が 0.3 以上、0.5 以下の範囲においては、有機絶縁膜の凹部 4 の断面形状を矩形状に形成することができる。これを酸素の炭素に対する比として表すと、0.15 以上、0.25 以下の範囲にな

る。第2に、処理ガス中における酸素の比率が0以上、0.5以下の範囲においては、図92(b)に示すように、凹部4の側面にテーパ角がついてしまうので、エッチングするパターンの幅と深さによってはエッチング形状がくさび形になる。しかし、サブトレンチ(異常形状)は発生しないので、エッチングするパターンの幅および深さを考慮すれば、有機絶縁膜のエッチングに使用できる。この範囲は酸素の炭素に対する比として表すと、0以上、0.25以下の範囲になる。第3に、処理ガス中の酸素の比率が0.3以上、0.9以下の範囲においては、図91(b)に示すように、テーパ角はつかないものの、エッチング深さに対するサブトレンチの深さが0.3以下のサブトレンチが発生する。しかし、このサブトレンチの深さはそれほど深くないので、例えば配線形成用の溝や孔として使用可能である。これを酸素の炭素に対する比として表すと、0.15以上、0.45以下の範囲になる。第4に、処理ガス中の酸素の比率が0以上、0.9以下ではテーパがつき、エッチング深さに対するサブトレンチ深さが0.3以下のサブトレンチが発生する。しかし、サブトレンチの深さは、それほど深くないので、エッチングするパターンの幅と深さを考慮すれば、例えば配線形成用の溝や孔として使用可能である。この範囲は酸素の炭素に対する比として表すと、0以上0.45以下の範囲になる。

本実施の形態10においても、ダマシン法による配線構造等でエッチングストッパ膜あるいは配線材料に銅を使用した場合には銅の拡散を抑制する膜として使用される窒化シリコン膜と有機絶縁膜とのエッチング選択比は、処理ガス中の酸素流量とCF系のガス(例えば C_4F_8)流量の比が0以上、0.9以下(酸素の炭素に対する比として表すと0以上、0.45以下)の範囲では、図92(a)からわかるように、3程度あるので、窒化シリコン膜上でエッチングを停止させることが可能である。

このような効果は、前記したスルーホールやコンタクトホール等のような孔パターンについても同様の効果が得られる。また、上記エッチング条件は、高周波電力密度が 0.6 W/cm^2 での結果であるが、その値が、例えば 0.3 W/cm^2 以上から 3 W/cm^2 の範囲においては同様の効果を得ることができる。また、上記エッチング条件は、一例であり、 C_4F_8 流量、酸素流量の絶対値を変

えても、高周波電力密度が上記の範囲にあり、酸素流量のC F流量に対する比が0以上、0.9以下、すなわち、酸素の炭素に対する比として表すと、0以上、0.45以下であれば、上記の効果が得られる。

(実施の形態11)

本実施の形態11は、前記実施の形態9、10で説明した発明を、半導体集積回路装置の配線の形成方法に具体的に適用した場合を説明するものである。なお、本実施の形態11は、前記実施の形態1（シングルダマシン法）とエッチング条件以外は同じなので、本実施の形態11の説明においては、前記実施の形態1と異なる箇所を抜き出して説明する。

まず、図17のスルーホール4b1および図23の配線形成用の溝4a1の形成のためのエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態1と同様に、例えば平行平板型狭電極RIE装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば4.0Pa程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば25/10/400sccm程度、高周波電力密度は、例えば $0.6W/cm^2$ 程度である。

ただし、上記した有機絶縁膜に対するエッチング処理時の条件は、上記したものに限定されるものではなく、前記実施の形態9、10に記述した範囲内において種々変更可能である。

このような本実施の形態11においても前記実施の形態5と同様の効果を得ることが可能となる。

(実施の形態12)

本実施の形態12は、前記実施の形態9、10で説明した発明を、半導体集積回路装置の配線形成方法（デュアルダマシン法）に適用した場合を説明するものである。なお、本実施の形態12の説明で用いる図93から図96の(a)は、図14の半導体集積回路装置の製造工程中の要部平面図であり、(b)は(a)のA-A線の断面図である。

図93は、前記実施の形態1の図27から図32で説明した工程を経た後の本実施の形態12の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。この状態から前記実施の形態1と同様に、フォトリジスト膜3dをエッチングマ

スクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 d をエッチング除去して絶縁膜 5 c を露出させた後、図 9 4 に示すように、フォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 c および有機絶縁膜 2 c を、絶縁膜 1 d の上面が露出するまでプラズマドライエッチング処理によって順次除去することにより溝 4 a 2 を形成する。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4 . 0 P a 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8 / O_2 / Ar$ を用い、その流量比は、例えば 4 3 / 1 5 / 4 0 0 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば 4 . 0 W / c m² 程度である。これにより、この処理後の溝 4 a 2 の底面には、サブトレンチは形成されない、または形成されても小さく許容の範囲である。また、絶縁膜 1 d をエッチングストップパとして機能させることができる。

続いて、フォトレジスト膜 3 d をエッチングマスクとし、かつ、絶縁膜 1 d 、 1 c をエッチングストップパとして、絶縁膜 1 d から露出する有機絶縁膜 2 c およびスルーホール 4 b 3 から露出される層間絶縁膜 1 7 e を図 9 5 に示すようにプラズマドライエッチング処理によって順にエッチング除去することにより、溝 4 a 2 の底部から下方に延びるスルーホール 4 b 3 を形成する。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4 . 0 P a 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8 / O_2 / Ar$ を用い、その流量比は、例えば 2 5 / 1 0 / 4 0 0 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば 0 . 6 W / c m² 程度である。これにより、この処理後の溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の底面には、サブトレンチは形成されない、または形成されても小さく許容の範囲である。また、絶縁膜 1 c 、 1 d をエッチングストップパとして機能させることができる。ただし、エッチング選択比が 3 程度の条件とした場合は、あらかじめ上記有機絶縁膜からなる層間絶縁膜 1 7 e の厚さを、エッチングストップパとして機能する絶縁膜 1 d の厚さの 3 倍以下にしておく必要がある。この条件を満たさないと、層間絶縁膜 1 7 e にスルーホール 4 b 3 を形成している際に、絶縁膜 1 d が消失してしまうからである。なお、この処理後の溝 4 a 2 お

よびスルーホール 4 b 3 の底面には絶縁膜 1 d、1 c が残されている。

その後、前記実施の形態 1 と同様に、フォトレジスト膜 3 d および反射防止膜 2 1 d をアッシング処理によって除去した後、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する絶縁膜 1 d、1 c をエッチング処理によって図 9 6 に示すように除去することにより、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を完成させる。この処理後の溝 4 a 2 の底面からは層間絶縁膜 1 7 e の上面が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面からは接続部 1 8 P L 2 の上面の一部が露出する。この際のエッチング条件は、前記実施の形態 1 と同じで良い。

これ以降は前記実施の形態 1 と同じなので説明を省略する。ただし、上記した有機絶縁膜に対するエッチング処理時の条件は、上記したものに限定されるものではなく、前記実施の形態 9、10 に記述した範囲内において種々変更可能である。

このような本実施の形態 1 2 においても前記実施の形態 5 と同様の効果を得ることが可能となる。

(実施の形態 1 3)

本実施の形態 1 3 は、前記実施の形態 9、10 で説明した発明を、半導体集積回路装置の配線の形成方法に具体的に適用した場合を説明するものであって、前記実施の形態 1 2 とは異なるデュアルダマシン法を用いた配線形成方法を説明するものである。なお、本実施の形態 1 3 は、前記実施の形態 2 (デュアルダマシン法) とエッチング条件以外は同じで良いので、本実施の形態 1 3 の説明においては、前記実施の形態 2 と異なる箇所を抜き出して説明する。

本実施の形態 1 3 においては、図 3 9 のスルーホール 4 b 3 を、次のように形成する。まず、フォトレジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する絶縁膜 5 c、有機絶縁膜 2 c をプラズマドライエッチング処理によって順に除去する。その際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4.0 P a 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 25/10/400 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば 0.6 W/c m² 程度である。

続いて、フォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、窒化シリコン膜等からなる絶縁膜 1 d をプラズマドライエッチング処理によって除去する。その際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、通常の R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 6 . 5 P a 程度、処理ガスは、例えば $\text{CHF}_3 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 20 / 20 / 400 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば $0.6 \text{ W} / \text{cm}^2$ 程度である。

さらに続いて、フォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとし、かつ、絶縁膜 1 c をエッチングストッパとして、有機絶縁膜等からなる層間絶縁膜 17 e をプラズマドライエッチング処理によって除去する。これにより、底面から絶縁膜 1 c が露出するようなスルーホール 4 b 3 を形成する。その際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4 . 0 P a 程度、処理ガスは、例えば $\text{C}_4\text{F}_8 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 43 / 18 / 400 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば $4.5 \text{ W} / \text{cm}^2$ 程度である。

また、本実施の形態 13 においては、図 42 の溝 4 a 2 の形成のためのエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4 . 0 P a 程度、処理ガスは、例えば $\text{C}_4\text{F}_8 / \text{O}_2 / \text{Ar}$ を用い、その流量比は、例えば 45 / 15 / 400 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば $4.0 \text{ W} / \text{cm}^2$ 程度である。

ただし、上記した有機絶縁膜に対するエッチング条件は、上記したものに限定されるものではなく、前記実施の形態 9、10 に記述した範囲内において種々変更可能である。

このような本実施の形態 13 においても前記実施の形態 5、6 と同様の効果を得ることが可能となる。

(実施の形態 14)

本実施の形態 14 は、前記実施の形態 9、10 で説明した発明を半導体集積回路装置の配線の形成方法に適用した場合を説明するものであって、前記実施の形

態 1 2、1 3 とは異なるデュアルダマシン法を説明するものである。なお、本実施の形態 1 4 の説明で用いる図 9 7 から図 1 0 1 の (a) は、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中の要部平面図であり、(b) は (a) の A-A 線の断面図である。

図 9 7 は、前記実施の形態 3 の図 4 3 から図 4 7 で説明した工程を経た後の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。なお、絶縁膜 2 2 の開口部 2 3 の形成時のエッチング条件は、前記実施の形態 3 で説明したのと同じで良い。

この状態から前記実施の形態 3 と同様に、フォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 g をプラズマドライエッチング処理によって除去して絶縁膜 5 c を露出させた後、フォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとし、かつ、絶縁膜 1 d をエッチングストップとして、絶縁膜 5 c および有機絶縁膜 2 c をプラズマドライエッチング処理によって順に除去することにより、図 9 8 に示すようにスルーホール 4 b 3 を形成する。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4 . 0 P a 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 4 3 / 1 5 / 4 0 0 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば $4 . 0 W/cm^2$ 程度である。この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面からは絶縁膜 1 d が露出されている。

続いて、フォトリジスト膜 3 c をマスクとして、スルーホール 4 b 3 の底部から露出する絶縁膜 1 d をプラズマドライエッチング処理によって図 9 9 に示すように除去することにより、スルーホール 4 b 3 の底面から層間絶縁膜 1 7 e の上面を露出させる。このエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、通常の R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 6 . 5 P a 程度、処理ガスは、例えば $CHF_3/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 2 0 / 2 0 / 4 0 0 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば $0 . 6 W/cm^2$ 程度である。

その後、前記実施の形態 3 と同様に、フォトリジスト膜 3 c および反射防止膜

2 1 g をアッシング処理によって図 1 0 0 に示すように除去した後、残された絶縁膜 2 2 をエッチングマスクとし、かつ、絶縁膜 1 c、1 d をエッチングストップパとして、開口部 2 3 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する層間絶縁膜 1 7 f、1 7 e をプラズマドライエッチング処理によって除去する。この際のエッチング条件は、例えば上記図 9 8 のスルーホール 4 b 3 の形成時のエッチング条件と同じである。これにより、図 1 0 1 に示すように、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を形成する。この溝 4 a 2 の底面からは、絶縁膜 1 d の上面が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面からは、絶縁膜 1 c の上面が露出される。

ただし、上記エッチングマスクとなる絶縁膜 2 2 に対する、有機絶縁膜からなる上記絶縁膜 2 c のエッチング選択比が 3 程度である条件とした場合は、上記絶縁膜 2 2 の膜厚に対して、上記絶縁膜 2 c の膜厚をあらかじめ 3 倍以下にしておく必要がある。さらに、上記溝 4 a 2 を形成するときに、上記絶縁膜 1 7 e もエッチングされ、スルーホール 4 b 3 を形成するので、上記絶縁膜 1 7 e の膜厚も、上記絶縁膜 2 2 の膜厚の 3 倍以下にしておく必要がある。この条件を満たさないと、上記溝 4 a 2、上記スルーホール 4 b 3 を加工中に、上記絶縁膜 2 2 が消失してしまうからである。

また、上記絶縁膜 2 c、1 7 e の膜厚は、上記絶縁膜 1 d、1 c の膜厚によっても制限される。もし、絶縁膜 2 c の膜厚が絶縁膜 1 7 e の膜厚よりも厚い場合は、その差が絶縁膜 1 c の膜厚の 3 倍以下である必要がある。逆に絶縁膜 1 7 e の膜厚が絶縁膜 2 c の膜厚よりも厚い場合は、その差が絶縁膜 1 d の膜厚の 3 倍以下である必要がある。この条件を満たさないと、上記溝 4 a 2、上記スルーホール 4 b 3 を加工中に、上記絶縁膜 1 d、1 c のどちらかが消失してしまうからである。

その後、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する絶縁膜 1 d、1 c をエッチング除去する。その際のエッチング条件は、前記実施の形態 3 と同じである。

これ以降の製造工程は、前記実施の形態 3 の図 5 0 で説明した工程および前記実施の形態 1 の図 3 5 および図 3 6 で説明した工程と同じなので説明を省略する。ただし、上記した有機絶縁膜に対するエッチング条件は、上記したものに限定

されるものではなく、前記実施の形態 9、10 に記述した範囲内において種々変更可能である。

このような本実施の形態 14 においても前記実施の形態 5、7 と同様の効果を得ることが可能となる。

(実施の形態 15)

本実施の形態 15 は、前記実施の形態 9、10 で説明した発明を、半導体集積回路装置の配線の形成方法に適用した場合を説明するものであって、前記実施の形態 14 とはさらに異なるデュアルダマシン法を説明するものである。なお、本実施の形態 15 は、前記実施の形態 4 (デュアルダマシン法) とエッチング条件以外は同じなので、本実施の形態 15 の説明においては、前記実施の形態 4 と異なる箇所を抜き出して説明する。

本実施の形態 15 においては、図 5-3 のスルーホール 4b3 を形成するためのエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 RIE 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 4.0 Pa 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 25/10/400 sccm 程度、高周波電力密度は、例えば $0.6 W/cm^2$ 程度である。

次に、図 5-6 の溝 4a2 を形成するためのエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 RIE 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 6.5 Pa 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 45/15/400 sccm 程度、高周波電力密度は、例えば $4.0 W/cm^2$ 程度である。

ただし、上記した有機絶縁膜に対するエッチング条件は、上記したものに限定されるものではなく、前記実施の形態 9、10 に記述した範囲内において種々変更可能である。

このような本実施の形態 15 においても前記実施の形態 5、8 と同様の効果を得ることが可能となる。

(実施の形態 16)

本実施の形態 16 は、本発明のさらに他の技術思想を説明するものであって、層間絶縁膜を構成する有機絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成する際にエッチングストップとして用いた絶縁膜を、層間絶縁膜を構成する有機絶縁膜よりも有機量（炭素の含有量）の多い有機絶縁膜によって構成するものである。

本発明者らは前記実施の形態 1 から 15 で説明した発明を検討中に、同じ有機絶縁膜であっても、それに含まれる有機量によってエッチングレートが変わることを見出した。

図 102 は、本発明者らが行った実験結果による有機量比とエッチレートとの関係を示している。この図 102 から有機量の増加によってエッチレートが低下することがわかる。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 30 m T o r r 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 13/15/420 s c c m 程度、上部/下部電極電力は、例えば 2200/1400 W 程度、下部電極の温度は、例えば $-20^{\circ}C$ である。なお、有機量比は、（相対的に有機量の多い有機絶縁膜の有機含有量）/（相対的に有機量の少ない有機絶縁膜の有機含有量）で表せる。

また、図 102 のエッチレートを層間絶縁膜を構成する有機絶縁膜に対するエッチング選択比として表したのが、図 103 (a), (b) および図 104 である。図 103 (a) は、半導体ウエハの主面上全面に、相対的に有機量の多い有機絶縁膜を堆積し、その上に相対的に有機量の少ない有機絶縁膜を堆積した状態で上層からエッチング処理を進めて行った場合において、相対的に有機量の少ない有機絶縁膜に対する相対的に有機量の多い絶縁膜のエッチング選択比を測定した結果である。また、図 103 (b) は、半導体ウエハの主面上全面に、相対的に有機量の多い有機絶縁膜を堆積し、その上に相対的に有機量の少ない有機絶縁膜を堆積した状態で、相対的に有機量の少ない有機絶縁膜に、例えば平面寸法が $1\mu m$ 程度の溝をエッチング処理によって形成した場合において、相対的に有機量の少ない有機絶縁膜に対する相対的に有機量の多い絶縁膜のエッチング選択比を測定した結果である。さらに、図 104 (a) は、上記図 103 (a), (b) の結果を 1 つのグラフ内に表したものであり、(b) は各有機量比での有機絶

縁膜の化学構造例を模式的に示している。

これらの図から有機量の増加によってエッチング選択比が増加していることがわかる。特に、図 1 0 3 (b) のように、微細な溝の加工においては、有機量の増加によって、例えば層間絶縁膜として使用する有機絶縁膜（相対的に有機量の少ない有機絶縁膜）の有機量の約 2 倍の有機量とすることで、エッチングストップ膜に必要なエッチング選択比 5 が得られている。すなわち、有機量の増加によって有機絶縁膜をエッチングストップ膜として使用できることがわかる。なお、ここで言うエッチング選択比は、（相対的に有機量の少ない有機絶縁膜のエッチングレート）／（エッチングストップ膜のエッチングレート）で表すことができる。

また、図 1 0 5 および図 1 0 6 は、有機絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成する際に、エッチングストップとして窒化シリコン膜を用いた場合と、相対的に有機量の多い有機絶縁膜を用いた場合とで、凹部の寸法とエッチング選択比との関係を測定した結果を示すグラフ図である。エッチング条件は、図 1 0 3 および図 1 0 4 で説明したのと同じである。溝の幅や孔の直径が小さくなると、相対的に有機量の多い有機絶縁膜の方が、窒化シリコン膜よりもエッチング選択比が急激に高くなることがわかる。

また、図 1 0 7 は、本発明者らによって得られた各種絶縁膜の特性（接着性、エッチング選択比、銅の核酸抑制能、誘電率）をまとめた図である。なお、エッチング選択比は、相対的に有機量の少ない有機絶縁を層間絶縁膜として用いた場合におけるその層間絶縁膜に対する各膜のエッチング選択比である。また、エッチストップ膜は、本発明の技術思想の相対的に有機量の多い有機絶縁膜であり、誘電率は、2.5 から 4.0 が得られた。Block は、アプライドマテリアルズ株式会社の商品名であって有機系の絶縁膜である。本発明の技術思想の新有機絶縁膜によれば、窒化シリコン膜と同等程度のエッチング選択比を確保したまま、誘電率を窒化シリコン膜の半分以下にすることが可能である。

本発明者らの実験結果によれば、例えばエッチストップ用の有機膜の有機量比を 2 倍にした有機絶縁膜（有機絶縁膜（2 倍）と略す）は、元の有機絶縁膜に比べてエッチングレートが 1 / 3 になる。更に、上記のように溝や孔で実験を行う

と、マイクロローディング効果等によって更にエッチングレートは遅くなり、元の有機絶縁膜の $1/6$ になる。この現象は、逆に言えば、有機絶縁膜（2倍）は、元の有機絶縁膜に対してエッチング選択比が6であると言える。しかも、この有機絶縁膜（2倍）の誘電率は、例えば2.7程度であり、窒化シリコン膜の誘電率7よりもかなり低い。そこで、この有機絶縁膜（2倍）をエッチングストップパとして配線層に介在させることで配線層の総合の誘電率を大幅に下げることができるので、半導体集積回路装置の動作速度を大幅に向上させることが可能となる。もちろん、例えば有機量を100%以上にした有機絶縁膜においても同じ効果が得られる。

このように相対的に有機量の多い有機絶縁膜が、相対的に有機量の少ない有機絶縁膜に対してエッチング選択比を高くできる理由としては、例えば次のことが考えられる。すなわち、図108（a）に示すように、有機量の多い有機絶縁膜においては、酸化シリコン（SiO）の含有量が少ないため、酸化シリコンのエッチャントであるCFラジカルの消費量が少ない。したがって、CFラジカルの堆積量が多く、エッチレートが遅い。また、図108（b）に示すように、エッチングしなくてはならない炭素（C）の密度が大きく、エッチャントの酸素（O）ラジカルが不足する。したがって、エッチレートが遅い。これらの理由により、相対的に有機量の少ない有機絶縁膜に対して、相対的に有機量の多い有機絶縁膜のエッチング選択が大きくなる。

また、このような有機量が相対的に多い有機絶縁膜は、層間絶縁膜の有機絶縁膜材料として、例えばSiLK（ダウケミカル社の商品名）、ブラックダイヤモンド（アプライドマテリアルズ社の商品名）、Block（アプライドマテリアルズ社の商品名）、BCB（ベンゾシクロブテン）、FLARE（アプライドシグナル社の商品名）等を用いた場合もエッチングストップパとして使用することができる。また、有機量が相対的に多い有機絶縁膜は、層間絶縁膜を有機絶縁膜以外の絶縁膜、例えばTEOSガスを用いたプラズマCVD法等によって形成された酸化シリコン膜またはSiOFで構成した場合もエッチングストップパとして使用することができる。また、このエッチングストップパとして使用する有機絶縁膜には、有機シロキサン系ストップ膜、有機系ストップ膜も含む。

次に、本発明の技術思想を用いた半導体集積回路装置の構造例を図109から図111に示す。図109から図111は、図14の第3層配線18L3と第4層配線18L4部分を抜き出して示している。

図109に示す本実施の形態16においては、絶縁膜1d、1fが、層間絶縁膜17eから17hにおける有機絶縁膜よりも有機量の多い有機絶縁膜で構成されている。絶縁膜1e、1cは、前記実施の形態1から15と同様に、例えば窒化シリコン膜からなる。なお、層間絶縁膜17eから17hの構造（材料、厚さ、機能および形成方法等）は前記実施の形態1から15で説明したのと同じである。

また、図110は、図109の変形例である。絶縁膜1d、1fを、例えば窒化シリコン膜1d1、1f1上に、上記層間絶縁膜17eから17hにおける有機絶縁膜よりも有機量の多い有機絶縁膜1d2、1f2を堆積することで構成したものである。この場合、絶縁膜1d、1f中の窒化シリコン膜1d1、1f1の厚さを薄くできるので、半導体集積回路装置における配線の総合的な誘電率を下げることができる。

さらに、図111は、図110の変形例である。絶縁膜1d、1fを、上記層間絶縁膜17eから17hにおける有機絶縁膜よりも有機量の多い有機絶縁膜1d2、1f2上に、例えば窒化シリコン膜1d1、1f2を堆積することで構成し、かつ、第3層配線18L3および第4層配線18L4下の窒化シリコン膜1d1、1f1を除去したものである。この場合、配線下の窒化シリコン膜を除去してあるので、図110の場合よりもさらに半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げるることができる。

次に、本発明の技術思想を半導体集積回路装置の製造方法に適用した場合について説明する。上記のような新有機絶縁膜をエッチングストップとして用いる本発明の技術思想は、前記実施の形態1から15の全てに適用できる。この場合、図14の絶縁膜1b、1d、1f、1hを相対的に有機量の多い有機絶縁膜で構成すれば良い。その具体的な一例を次に記載する。

本発明の技術思想を、例えば前記実施の形態5のデュアルダマシン法に適用した場合は次の通りである。なお、ここでは前記実施の形態5で説明したのとは異なる

る箇所について説明する。

まず、図 6 7 等において絶縁膜 1 d は、相対的に有機量の多い新有機絶縁膜を用い、その厚さは 1 0 0 n m 程度である。この絶縁膜 1 d に対してエッチング処理を施すことにより、スルーホール 4 b 3 を形成する際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 2 5 m T o r r 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 3 5 / 2 0 / 4 0 0 s c c m 程度、上部 / 下部電極高周波電力は、例えば 5 0 0 / 2 0 0 W 程度、下部電極の温度は、例えば $-20^{\circ}C$ である。

また、図 6 8 および図 6 9 の工程を経た後、前記実施の形態 5 では溝 4 a 2 の底の窒化シリコン膜からなる絶縁膜 1 d を除去していたが、本実施の形態 1 6 では新有機絶縁膜からなる絶縁膜 1 d を除去せず、スルーホール 4 b 3 の底面に残る窒化シリコン等からなる絶縁膜 1 c をエッチング除去する。エッチング条件は、前記実施の形態 5 等と同じである。その後、前記実施の形態 1 等と同様にして溝 4 a 3 およびスルーホール 4 b 3 内に導体膜を埋め込み、図 1 0 9 に示した配線構造を形成する。

さらに、本発明の技術思想を、例えば前記実施の形態 6 のデュアルダマシン法に適用した場合は、前記実施の形態 6 とエッチング条件等全て同じである。

このように、本実施の形態 1 6 によれば、前記実施の形態 1 から 1 5 で得られた効果の他に、以下の効果を得ることが可能となる。

(1) . エッチングストッパとして誘電率の低い新有機絶縁膜を用いることにより、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げる事が可能となる。

(実施の形態 1 7)

また、前記実施の形態 1 6 で説明した本発明の技術思想を、例えば前記実施の形態 7 のデュアルダマシン法に適用した場合は次の通りである。

図 1 1 2 は、前記実施の形態 3 の図 4 3 から図 4 7 で説明した工程を経た後の半導体集積回路装置の製造工程中における要部を示している。なお、絶縁膜 1 d は、層間絶縁膜 1 7 e、1 7 f における有機絶縁膜よりも有機量の多い有機絶縁膜からなり、その厚さは、例えば 1 0 0 n m 程度である。

この状態から前記実施の形態 3 と同様に、フォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、そこから露出する反射防止膜 2 1 g をプラズマドライエッチング処理によって図 1 1 3 に示すように除去して絶縁膜 5 c を露出させる。この際のエッチング条件は、例えば前記実施の形態 1、3 等と同様でも良いが、次のようにしても良い。すなわち、エッチング装置は、例えば通常の R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 7 5 0 m T o r r 程度、処理ガスは、例えば CHF_3 / CF_4 / Ar を用い、その流量比は、例えば 1 0 / 9 0 / 9 5 0 s c c m 程度、高周波電力は、例えば 9 0 0 W 程度、下部電極の温度は、例えば 1 0 °C である。

続いて、フォトリジスト膜 3 c をエッチングマスクとして、有機絶縁膜 2 c および絶縁膜 1 d をプラズマドライエッチング処理によって順に除去することにより、図 1 1 4 に示すようにスルーホール 4 b 3 を形成する。この処理後のスルーホール 4 b 3 の底面からは層間絶縁膜 1 7 e が露出されている。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 2 5 m T o r r 程度、処理ガスは、例えば C_4F_8 / O_2 / Ar を用い、その流量比は、例えば 3 5 / 2 0 / 4 0 0 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば 5 0 0 / 2 0 0 W 程度、下部電極温度は、例えば - 2 0 °C 程度である。

その後、前記実施の形態 3 と同様に、フォトリジスト膜 3 c および反射防止膜 2 1 g をアッシング処理によって図 1 1 5 に示すように除去した後、残された絶縁膜 2 2 をエッチングマスクとして、開口部 2 3 およびスルーホール 4 b 3 の底面から露出する層間絶縁膜 1 7 f、1 7 e をプラズマドライエッチング処理によって除去する。ここでは有機絶縁膜からなる層間絶縁膜 1 7 e、1 7 f の途中の深さ位置まで溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を形成する。これにより、図 1 1 6 に示すように、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を形成する。この溝 4 a 2 の底面には、有機絶縁膜 2 c が残され、スルーホール 4 b 3 の底面には、層間絶縁膜 1 7 e が残されている。この残されている絶縁膜 (2 c, 1 7 e) の厚さは、元の絶縁膜 (2 c, 1 7 e) の厚さの 3 0 % 以下、あるいは 2 0 % 以下、好ましくは 1 5 % 以下である。この際のエッチング条件は、例えば上記図 1 1 4 の

スルーホール 4 b 3 の形成時のエッチング条件と同じである。

次いで、絶縁膜 2 2 をエッチングマスクとして、残された層間絶縁膜 1 7 e、1 7 f をプラズマドライエッチング処理によって除去する。ここでは絶縁膜 1 c および有機絶縁膜からなる絶縁膜 1 d をエッチングストップパとして、エッチング処理を施す。これにより、図 1 1 7 に示すように、溝 4 a 2 およびスルーホール 4 b 3 を形成する。この溝 4 a 2 の底面からは絶縁膜 1 d が露出され、スルーホール 4 b 3 の底面からは絶縁膜 1 c が露出されている。この際のエッチング条件は、次の通りである。すなわち、エッチング装置は、前記実施の形態 1 と同様に、例えば平行平板型狭電極 R I E 装置を用い、処理時の処理室内の圧力は、例えば 3 0 m T o r r 程度、処理ガスは、例えば $C_4F_8/O_2/Ar$ を用い、その流量比は、例えば 1 3 / 1 5 / 4 2 0 s c c m 程度、高周波電力密度は、例えば 2 2 0 0 / 1 4 0 0 W 程度、下部電極温度は、例えば $-20^{\circ}C$ 程度である。

続いて、スルーホール 4 b 3 の底面から露出する絶縁膜 1 c を前記実施の形態 1、3 と同様に除去することにより、その底面から第 2 層配線 1 8 L 2 の上面一部を露出させる。これ以降の製造工程は、前記実施の形態 1 の図 3 6 で説明した工程と同じなので説明を省略する。ただし、上記した有機絶縁膜に対するエッチング条件は、上記したものに限定されるものではなく、前記実施の形態 9、1 0 に記述した範囲内において種々変更可能である。

このような本実施の形態 1 7 においても前記実施の形態 5、7、1 6 と同様の効果を得ることが可能となる。

以上、本発明者らによってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

例えば前記実施の形態 5 から 8、1 6、1 7 においては、有機絶縁膜をエッチングする際の処理ガスを C_xF_y / 酸素 / アルゴンとしたが、これに限定されるものではなく、例えばその酸素に代えて NO 、 NO_2 または CO を用いることもできる。

また、例えば前記実施の形態 1 から 1 7 においは、配線や接続部を構成する主導体膜の形成方法をメッキ法として説明したが、これに限定されるものではなく

種々変更可能であり、例えばCVD法またはスパッタリング法を用いても良い。

この場合はバリア導体膜上にシード導体膜を設ける必要がない。また、その主導体膜の材料は、銅に限定されるものではなく種々変更可能であり、例えばアルミニウム、金または銀を用いても良い。この場合は、主導体膜の原子が拡散するのを抑制するための窒化シリコン等からなる絶縁膜を設けなくても良い。

また、例えば前記実施の形態1から17においては、第1、第7層配線を通常の配線構造とした場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば第1、第7層配線をダマシン法またはデュアルダマシン法によって形成しても良い。

また、前記実施の形態1から17においては、半導体集積回路基板として半導体単体からなる半導体基板を用いた場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば絶縁層上に薄い半導体層を設けてなるSOI (Silicon On Insulator) 基板、半導体基板上にエピタキシャル層を設けてなるエピタキシャル基板を用いても良い。

以上の説明では主として本発明者らによってなされた発明をその背景となった利用分野であるCMIS回路を有する半導体集積回路装置に適用した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えばDRAM (Dynamic Random Access Memory)、SRAM (Static Random Access Memory) またはフラッシュメモリ (EEPROM; Electric Erasable Programmable Read Only Memory) 等のようなメモリ回路を有する半導体集積回路装置、マイクロプロセッサ等のような論理回路を有する半導体集積回路装置あるいは上記メモリ回路と論理回路とを同一半導体基板上に設けている混載型の半導体集積回路装置にも適用できる。

また、本発明の技術思想は、半導体集積回路装置の製造方法に適用されることに限定されるものではなく、例えば液晶基板や磁気ヘッド等のような他の電子装置 (電子回路装置) 等の製造方法にも適用できる。

本願によって開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下の通りである。

(1)．有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に溝や孔等のような凹部をエッチング処理によって形成する際に、その凹部の底面外周に異常形状（サブトレンチ）が形成されてしまうのを抑制または防止することが可能となる。

(2)．有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に溝や孔等のような凹部をエッチング処理によって形成する際に、エッチングストップパとして機能する窒化シリコン膜に対してエッチング選択比を確保しつつ、かつ、凹部の底に異常形状が生じるのを抑制または防止した状態で、凹部を形成することが可能となる。

(3)．上記(1)，(2)により、半導体集積回路装置を構成する配線層における不良の発生率を低減できる。したがって、半導体集積回路装置の信頼性および歩留まりを向上させることが可能となる。

(4)．上記(1)，(2)，(3)により、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜にアスペクト比の高い溝や孔等のような凹部を形成することが可能となる。

(5)．上記(4)により、半導体集積回路装置を構成する配線の微細化が可能となり、半導体集積回路装置の高集積化が可能となる。

(6)．有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成する際に、エッチングストップパとして機能する窒化シリコン膜に対するエッチング選択比を高くできる。このため、凹部の形成時に、その窒化シリコン膜の突き抜けの不具合を抑制することができる。したがって、エッチングストップパとして機能する窒化シリコン膜を薄くすることが可能となる。

(7)．有機シロキサンを主成分とする絶縁膜であっても含まれる炭素の量によってエッチング選択比を変えることができる。したがって、誘電率の低い有機シロキサンを主成分とする絶縁膜をエッチングストップパとして使用することが可能となる。

(8)．上記(6)，(7)により、半導体集積回路装置の配線の総合的な誘電率を下げることができる。したがって、半導体集積回路装置の動作速度を向上させることが可能となる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる半導体集積回路装置の製造方法および半導体集積回路装置技術は、特に有機シロキサンを主成分とする絶縁膜を用いる半導体集積

回路装置の製造方法および半導体集積回路装置に適用して有効である。

【図面の簡単な説明】

図 1 (a) から (c) は、半導体集積回路装置の層間絶縁膜材料として一般的に用いられる酸化シリコン膜に対して、フロロカーボンガス、酸素ガスおよびアルゴンガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施した場合のエッチング原理を模式的に示した説明図である。

図 2 (a) から (d) は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、酸素を含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施した場合のエッチング原理を模式的に示した説明図である。

図 3 (a) から (c) は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、酸素を含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施した場合の化学的な反応の状態を示した説明図である。

図 4 (a) から (e) は、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、酸素を含むガス雰囲気中においてプラズマドライエッチング処理を施すことにより、その絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成する工程中の断面図を模式的に示した説明図である。

図 5 (a) から (c) は、有機絶縁膜を $(\text{HO})_3\text{SiCH}_3$ で表し、窒素原子を分子の近くにおいて、安定化する配置を分子軌道計算した結果を模式的に示している。

図 6 (a) から (d) は、図 5 で説明した窒素ガスを含むガス雰囲気中での有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対するプラズマドライエッチング処理時の断面図を模式的に示している。

図 7 は有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、例えば $\text{C}_4\text{F}_8/\text{N}_2/\text{Ar}$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理を行った場合におけるアンダーエッチング時およびオーバーエッチング時の溝および孔の断面形状を模式的に示した要部断面図である。

図 8 は有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に対して、例えば $\text{C}_4\text{F}_8/\text{O}_2/\text{Ar}$ ガスを用いたプラズマドライエッチング処理を行った場合におけるアンダーエッチング時およびオーバーエッチング時の溝および孔の断面形状を模式的

に示した要部断面図である。

図 9 は窒素ガスを含むガス雰囲気中でのプラズマドライエッチング処理における有機シロキサンを主成分とする絶縁膜のエッチングレートと窒化シリコン膜に対するエッチング選択比の窒素ガス流量依存性を示す説明図である。

図 10 はガス種による有機絶縁膜のエッチング特性の説明図である。

図 11 は平行平板型の R I E 装置の説明図である。

図 12 はエッチング装置の説明図である。

図 13 はエッチング装置の説明図である。

図 14 は本発明の一実施の形態である半導体集積回路装置の半導体集積回路基板の要部断面図である。

図 15 は図 14 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 16 は図 15 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 17 は図 16 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 18 は図 17 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 19 は図 18 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 20 は図 19 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 21 は図 20 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 22 は図 21 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 23 は図 22 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 24 は図 23 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図

である。

図 2 5 は図 2 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 2 6 は図 2 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 2 7 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 2 8 は図 2 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 2 9 は図 2 8 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 0 は図 2 9 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 1 は図 3 0 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 2 は図 3 1 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 3 は図 3 2 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 4 は図 3 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 5 は図 3 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 6 は図 3 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 7 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 8 は図 3 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 3 9 は図 3 8 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 0 は図 3 9 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 1 は図 4 0 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 2 は図 4 1 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 3 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 4 は図 4 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 5 は図 4 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 6 は図 4 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 7 は図 4 6 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 8 は図 4 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 4 9 は図 4 8 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 0 は図 4 9 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 1 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 2 は図 5 1 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 3 は図 5 2 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図

である。

図 5 4 は図 5 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 5 は図 5 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 6 は図 5 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 7 は図 5 6 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 8 は図 5 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 5 9 は図 5 8 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 0 は有機シロキサンを主成分とする絶縁膜に溝や孔等のような凹部を形成するためのエッチング処理に際し、処理ガス中の酸素の量と上記サブトレッチおよび窒化シリコン膜に対するエッチング選択比との関係について検討した結果を示す説明図である。

図 6 1 (a) , (b) は、本発明の一実施の形態であって、半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 2 (a) から (c) は、本発明の一実施の形態であって、半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 3 本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 4 は図 6 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 5 は図 6 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 6 は図 6 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 7 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 8 は図 6 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 6 9 は図 6 8 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 0 は図 6 9 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 1 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 2 は図 7 1 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 3 は図 7 2 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 4 は図 7 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 5 は図 7 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 6 は図 7 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 7 は図 7 6 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 8 は図 7 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 7 9 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 0 は図 7 9 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 1 は図 8 0 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図

である。

図 8 2 は図 8 1 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 3 は図 8 2 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 4 は図 8 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 5 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 6 は図 8 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 7 は図 8 6 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 8 は図 8 7 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 8 9 は図 8 8 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 9 0 は図 8 9 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 9 1 (a) は平行平板型狭電極 R I E 装置で、有機シロキサンを主成分とする絶縁膜と、窒化シリコン膜とをエッチング除去したときの処理ガス中における酸素流量と C F 系のガス流量との比と、各膜のエッチング速度との関係を示すグラフ図、(b) は上記エッチング条件で有機絶縁膜の溝パターンを加工した時のエッチング形状を観測した結果を模式的に示した説明図、(c) は C F 系のガスに対する酸素の比と、エッチング深さに対するサブトレレンチの深さの比との関係を示したグラフ図である。

図 9 2 (a) は平行平板型狭電極 R I E 装置の高周波電力密度の範囲を小さくした際の処理ガス中の酸素流量と C F 系のガス流量との比に対する上記有機絶縁膜および窒化シリコン膜のエッチング速度の関係を示すグラフ図、(b) は上

記エッチング条件で有機絶縁膜の溝パターンを加工した時のエッチング形状の観測結果を模式的に示した説明図、(c)は(a)の場合のCF系のガスに対する酸素の比と、エッチング深さに対するサブトレンチの深さの比との関係を示したグラフ図である。

図93は本発明の他の実施の形態であって、図14の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図94は図93に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図95は図94に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図96は図95に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図97は本発明の他の実施の形態であって、図14の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図98は図97に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図99は図98に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図100は図99に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図101は図100に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図102は有機絶縁膜中の有機量比とエッチレートとの関係を示すグラフ図である。

図103(a),(b)は有機絶縁膜中の有機量比とエッチング選択比との関係を示すグラフ図である。

図104(a)は上記図103(a),(b)の結果を1つにまとめたグラフ図であり、(b)は各有機量比での有機絶縁膜の化学構造例を模式的に示した説明図である。

図 1 0 5 は有機絶縁膜に溝や孔等のような溝を形成する際に、エッチングストッパとして窒化シリコン膜を用いた場合と、相対的に有機量の多い有機絶縁膜を用いた場合とで、溝の寸法とエッチング選択比との関係を測定した結果を示すグラフ図である。

図 1 0 6 は有機絶縁膜に溝や孔等のような孔を形成する際に、エッチングストッパとして窒化シリコン膜を用いた場合と、相対的に有機量の多い有機絶縁膜を用いた場合とで、孔の寸法とエッチング選択比との関係を測定した結果を示すグラフ図である。

図 1 0 7 は本発明者らによって得られた各種絶縁膜の特性をまとめた説明図である。

図 1 0 8 (a) , (b) は相対的に有機量の多い有機絶縁膜が、相対的に有機量の少ない有機絶縁膜に対してエッチング選択比を高くできる理由の説明図である。

図 1 0 9 は本発明の他の実施の形態である半導体集積回路装置の要部断面図である。

図 1 1 0 は本発明の他の実施の形態である半導体集積回路装置の要部断面図である。

図 1 1 1 は本発明のさらに他の実施の形態である半導体集積回路装置の要部断面図である。

図 1 1 2 は本発明の他の実施の形態であって、図 1 4 の半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 1 1 3 は図 1 1 2 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

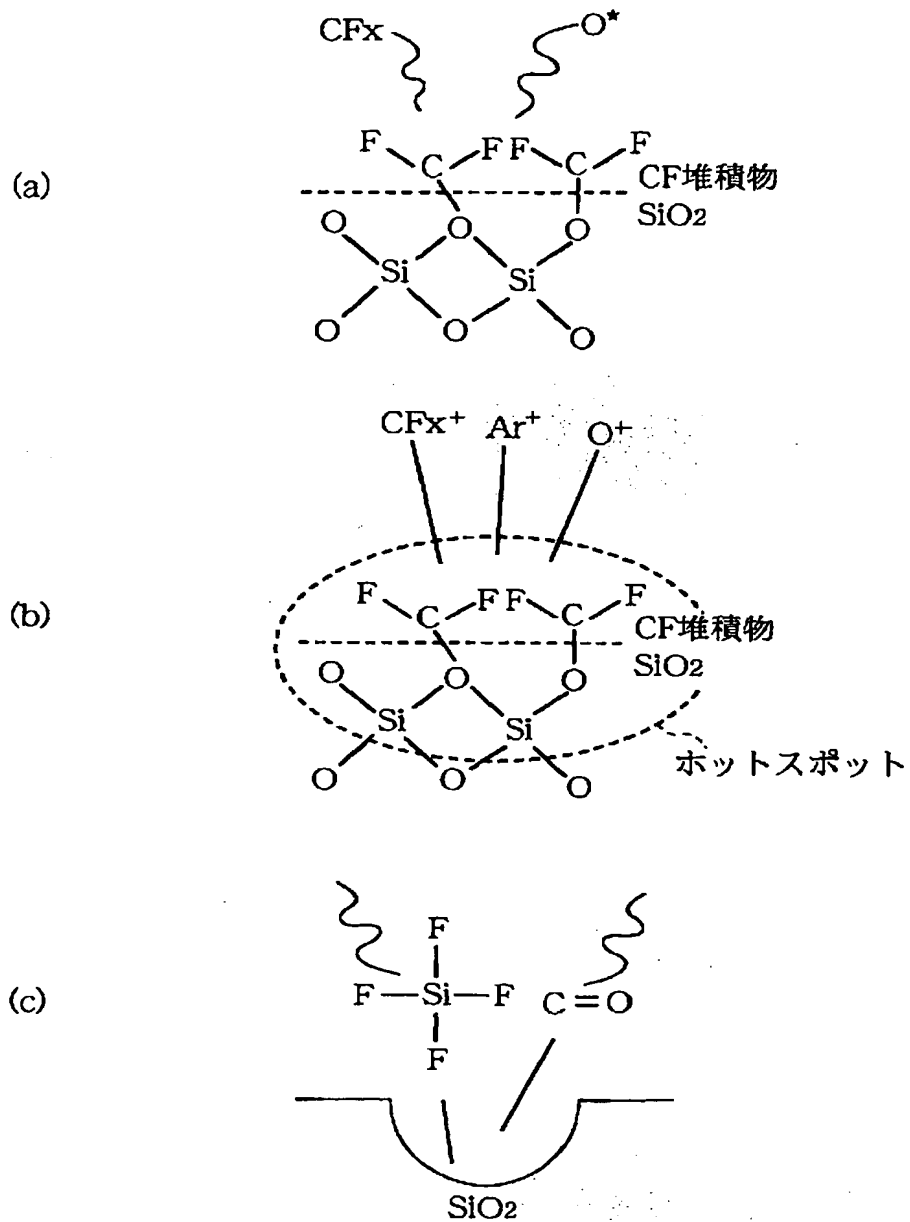
図 1 1 4 は図 1 1 3 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 1 1 5 は図 1 1 4 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

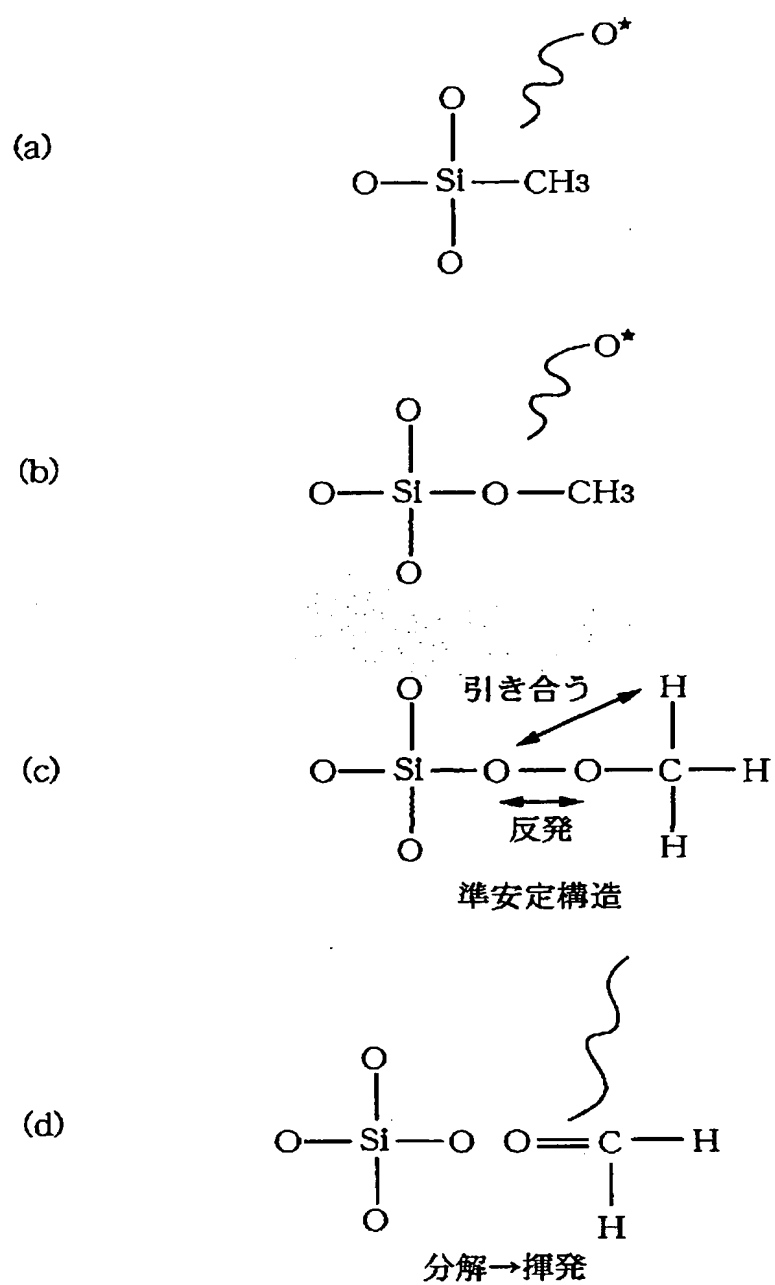
図 1 1 6 は図 1 1 5 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

図 1 1 7 は図 1 1 6 に続く半導体集積回路装置の製造工程中における要部断面図である。

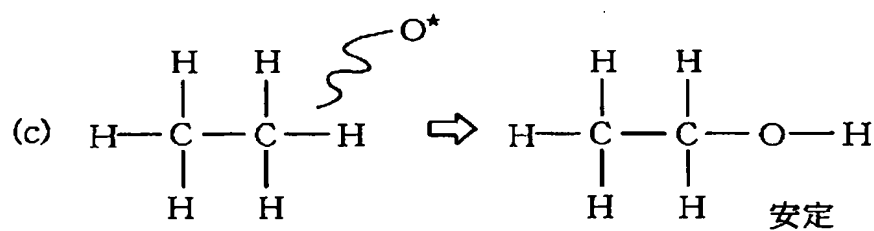
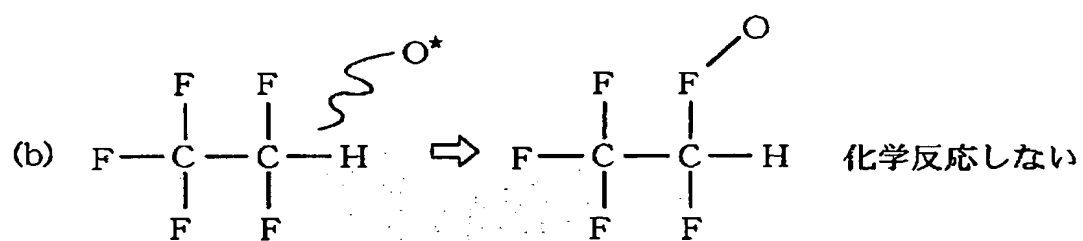
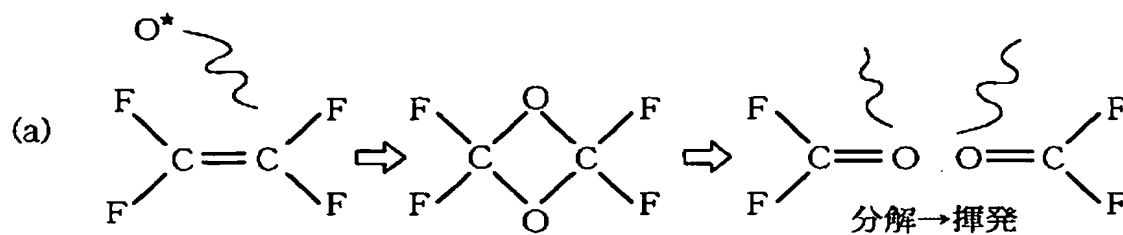
【図 1】



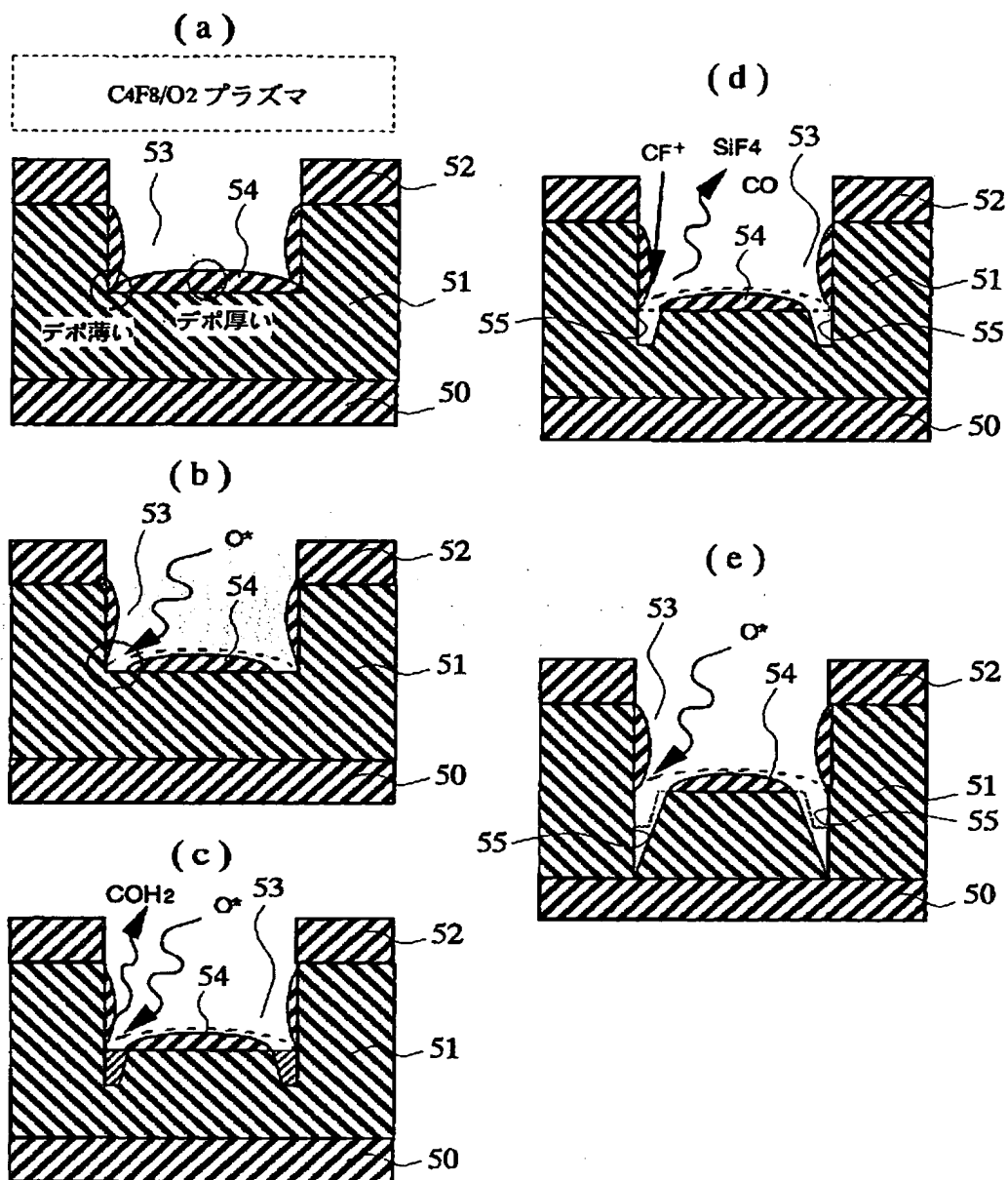
【図 2】



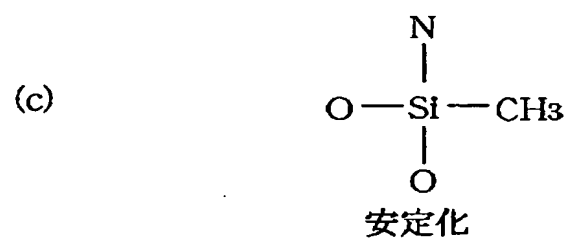
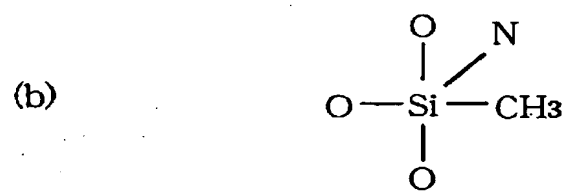
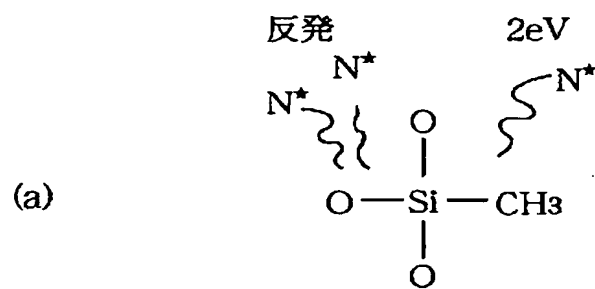
【図 3】



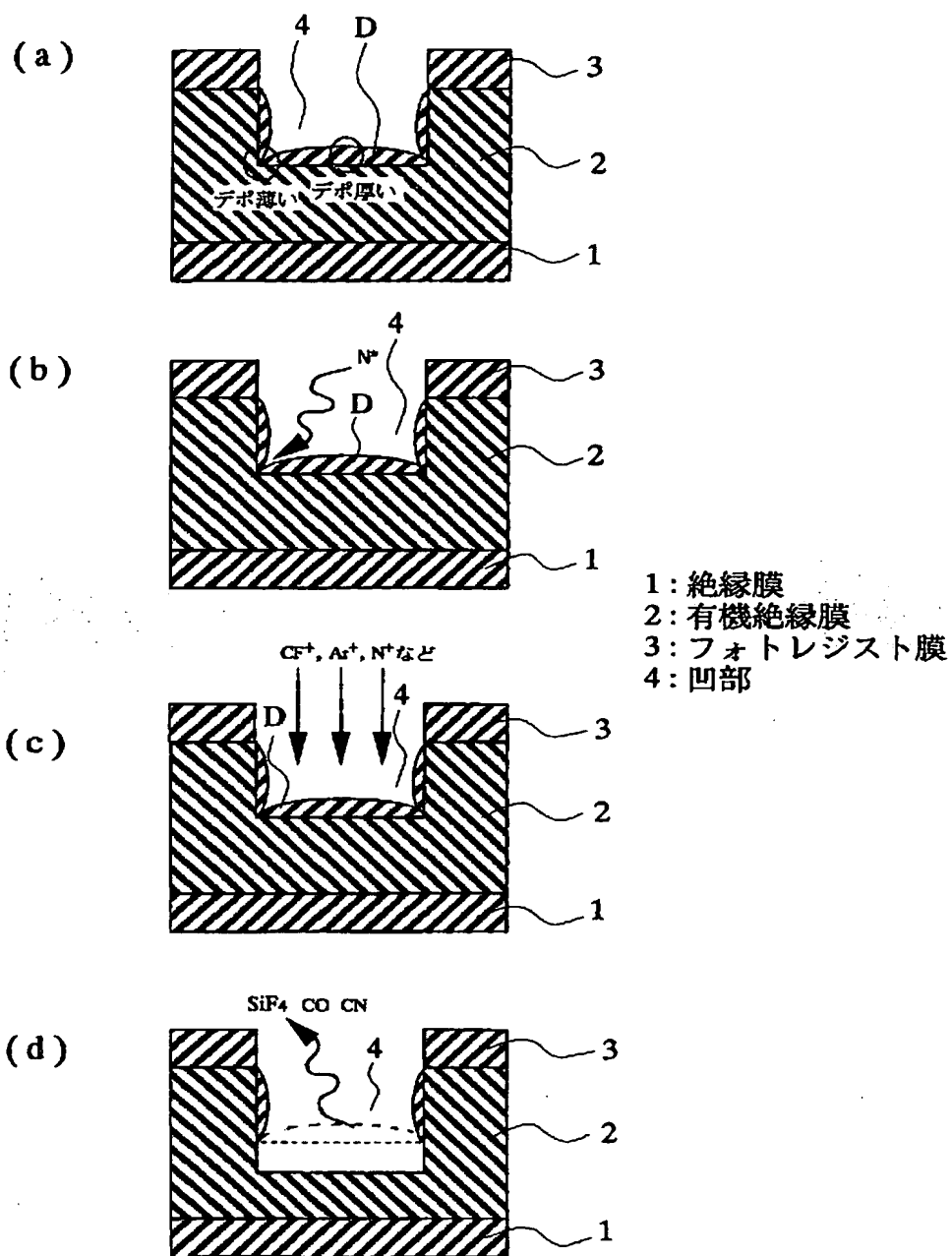
【 図 4 】



【 図 5 】

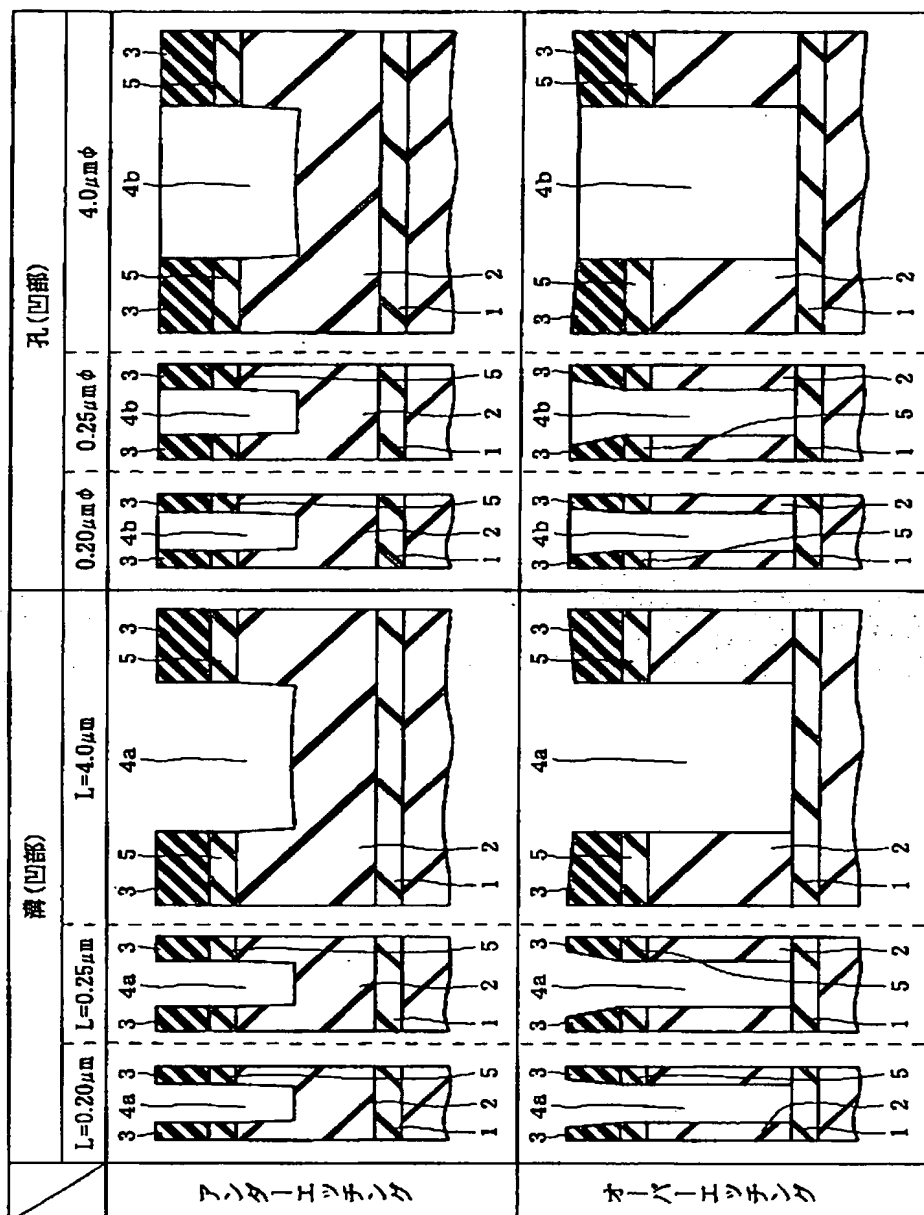


【図 6】



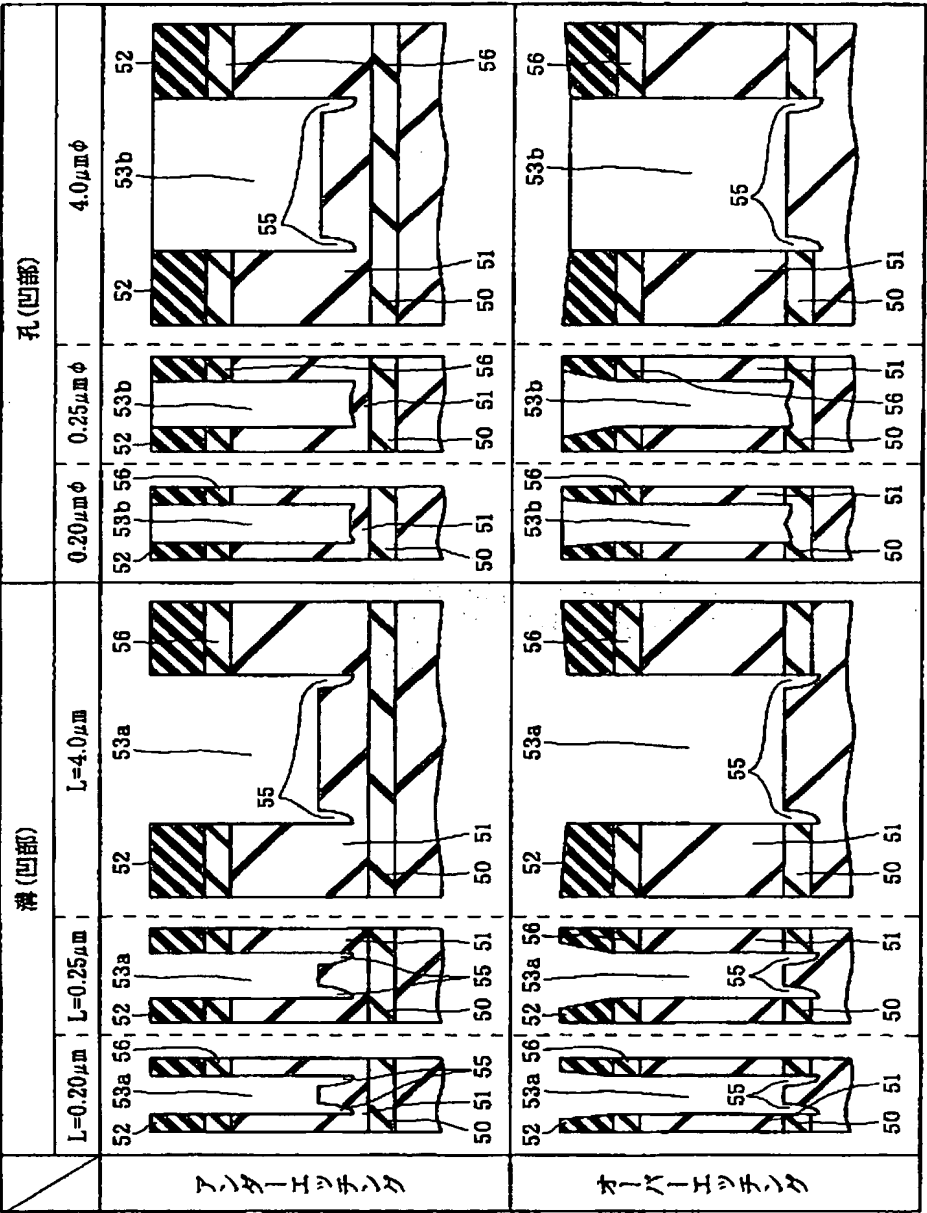
【図 7】

図 7

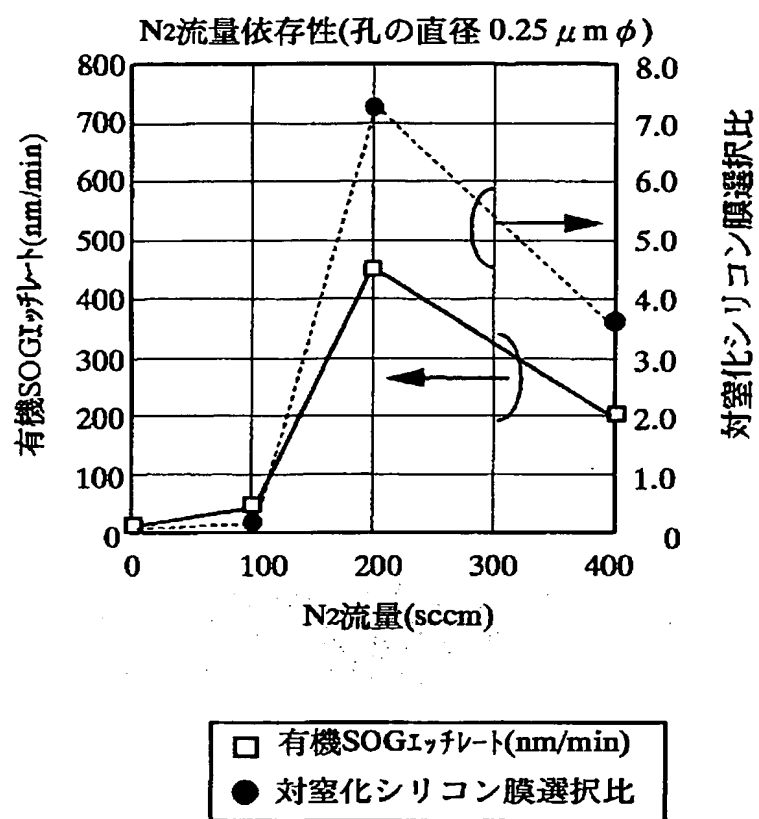


【 図 8 】

図 8



【図 9】

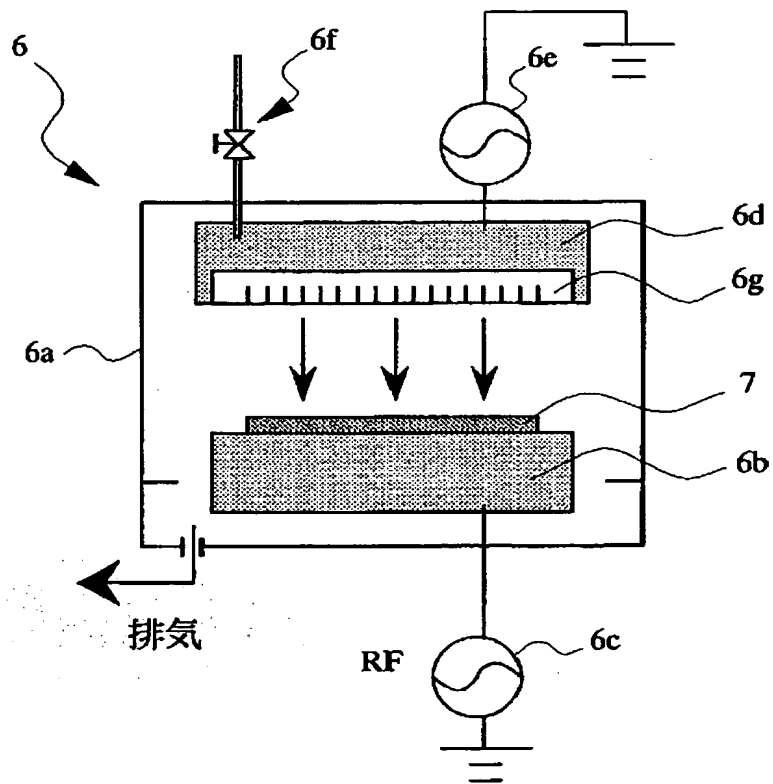


【図 10】

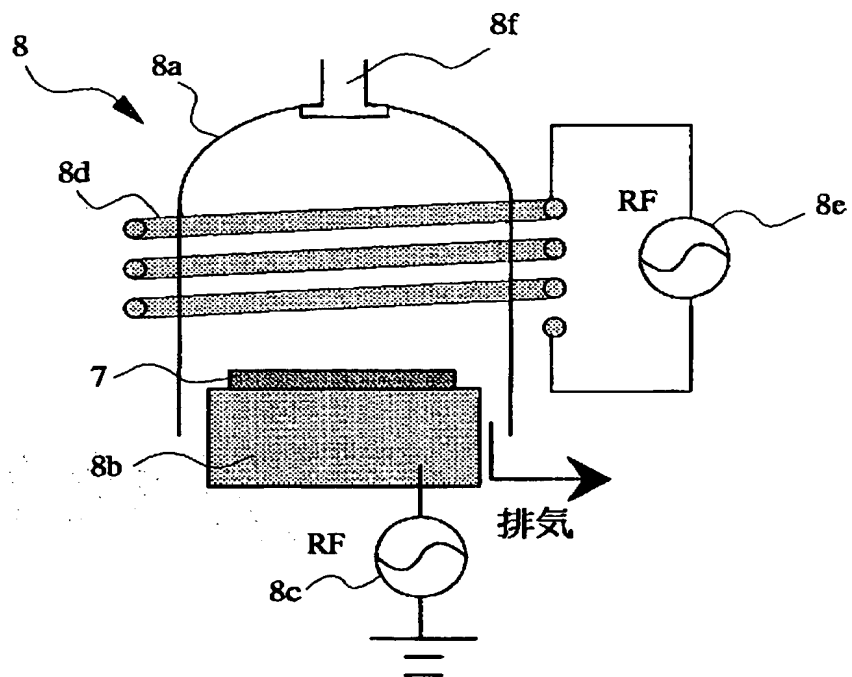
図 10

	CF系ガスのみ	CF系/O ₂	CF系/N ₂
エッチングレート	×	○	○
選択比	×	○ ×	○
形状	△	× ○	○
抜け性	×	○	○
総合評価	×	△	○

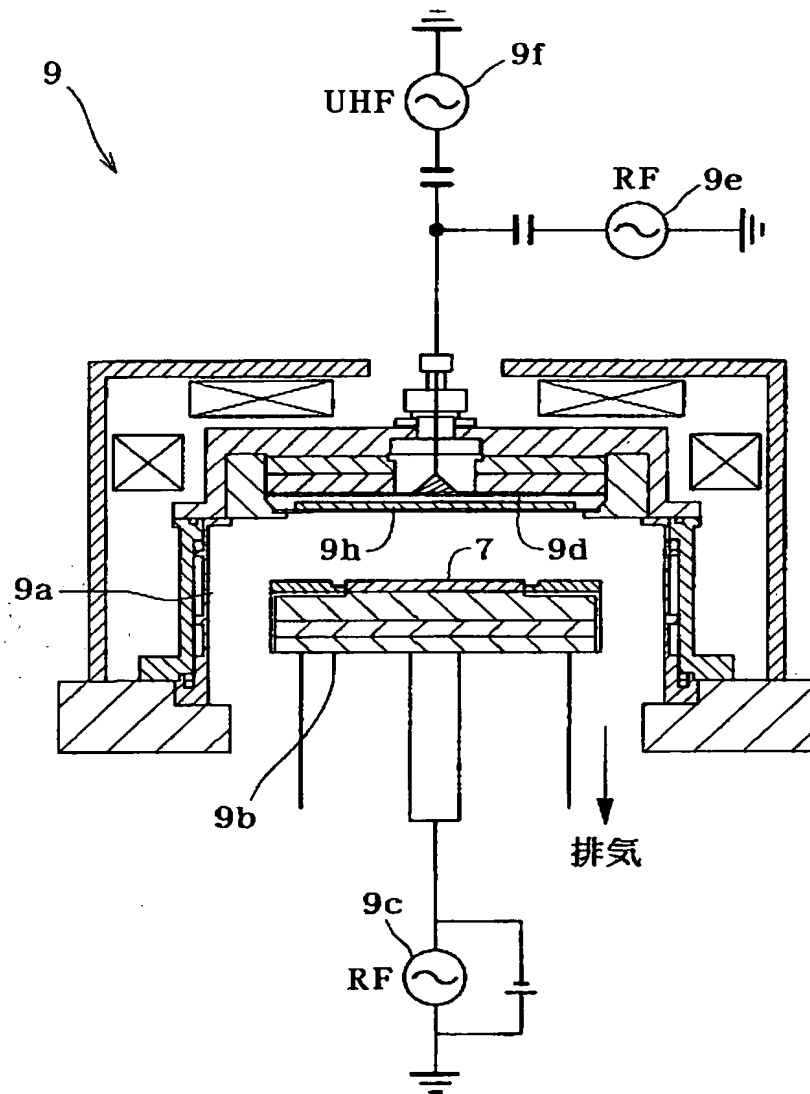
【図 1 1】



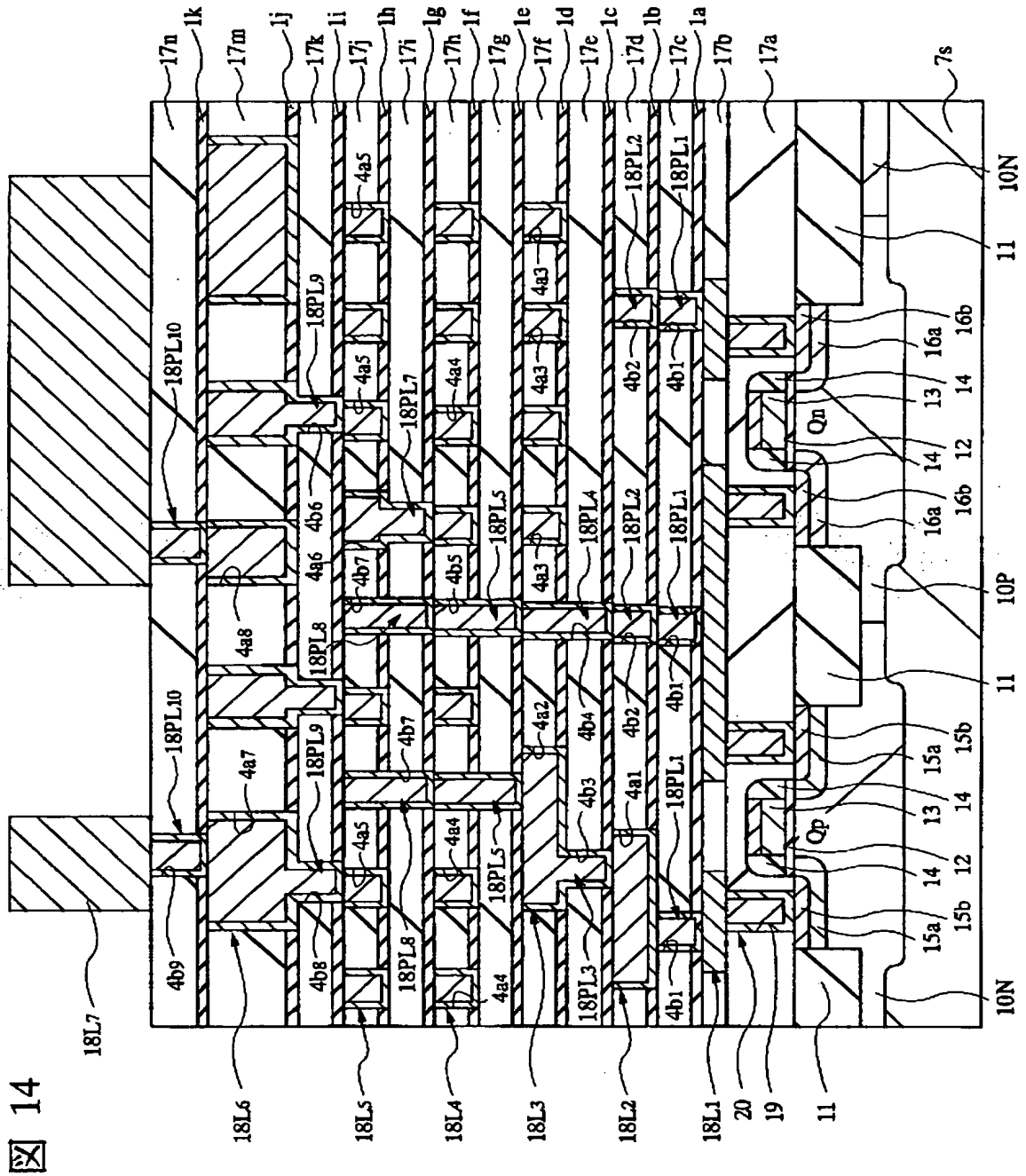
【図 1 2】



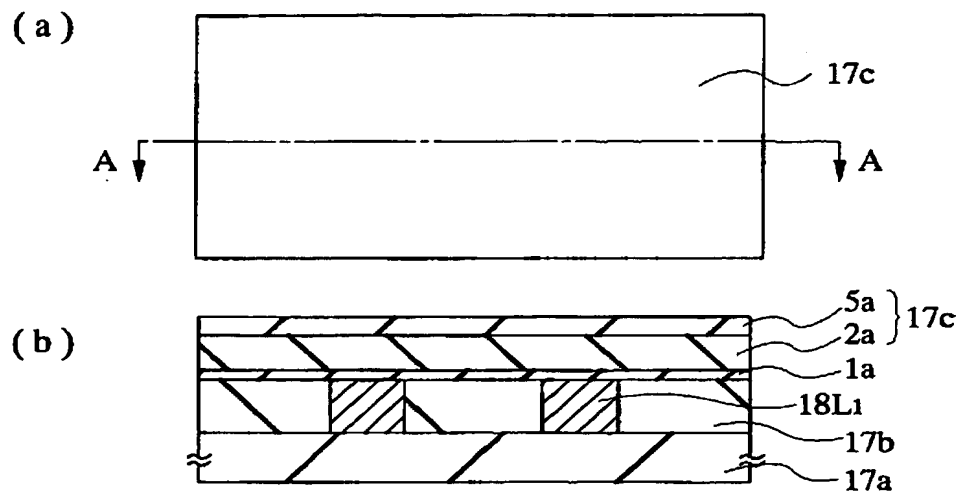
【 図 1 3 】



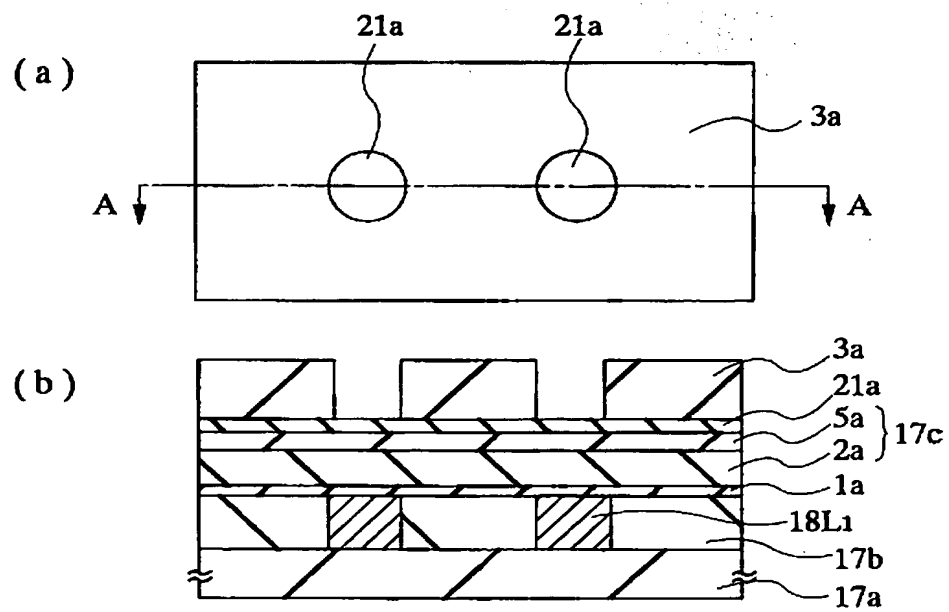
【 図 1 4 】



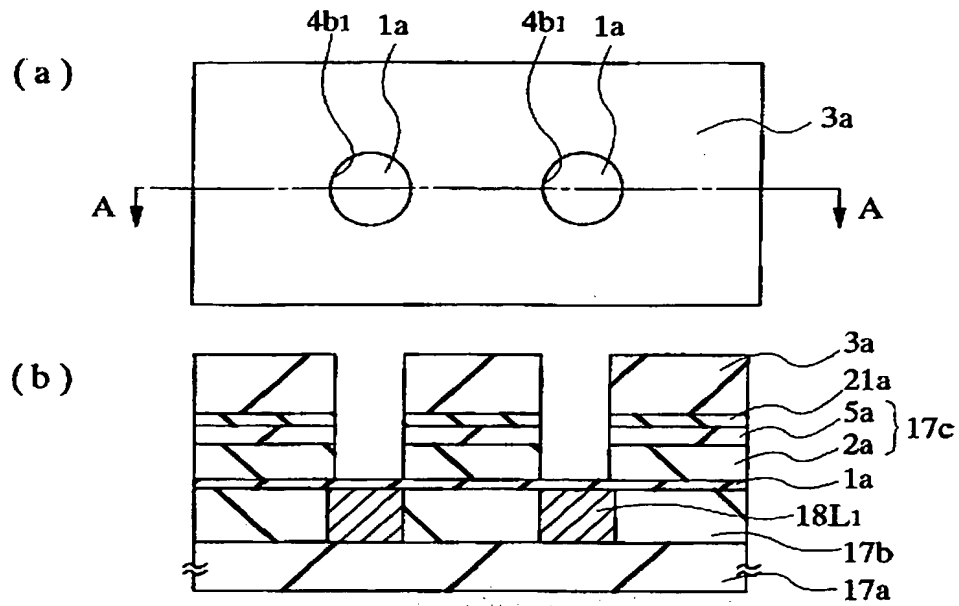
【図 15】



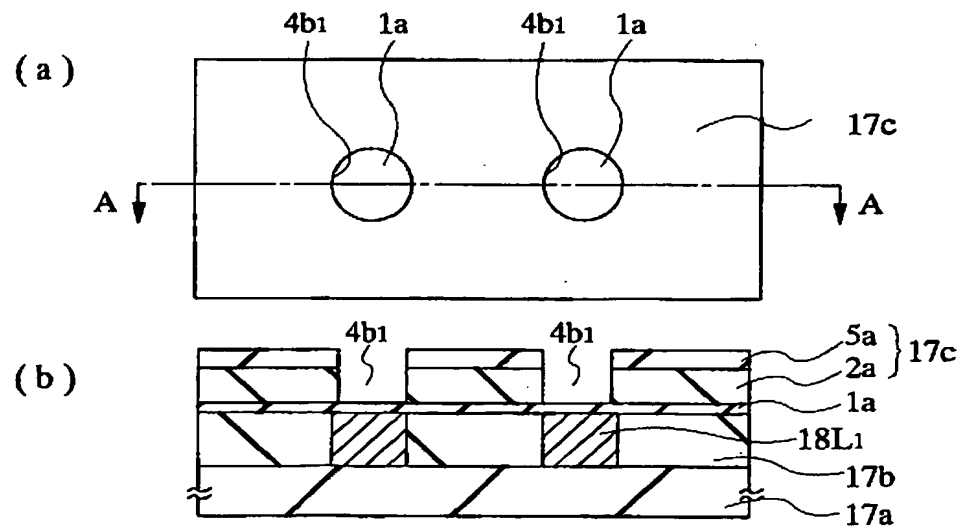
【図 16】



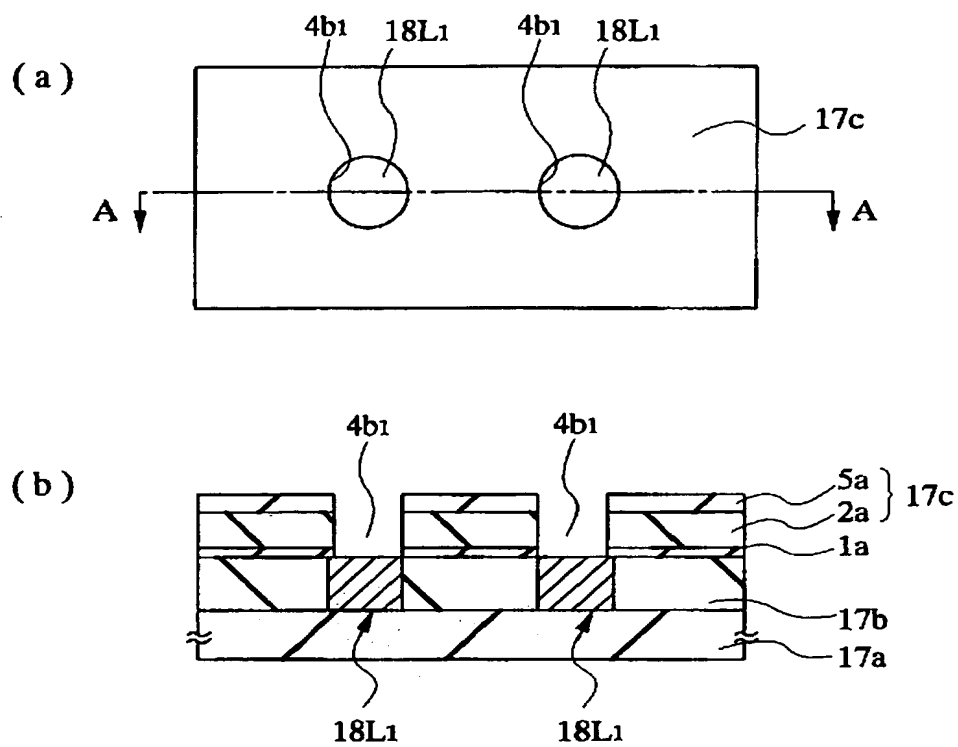
【 図 1 7 】



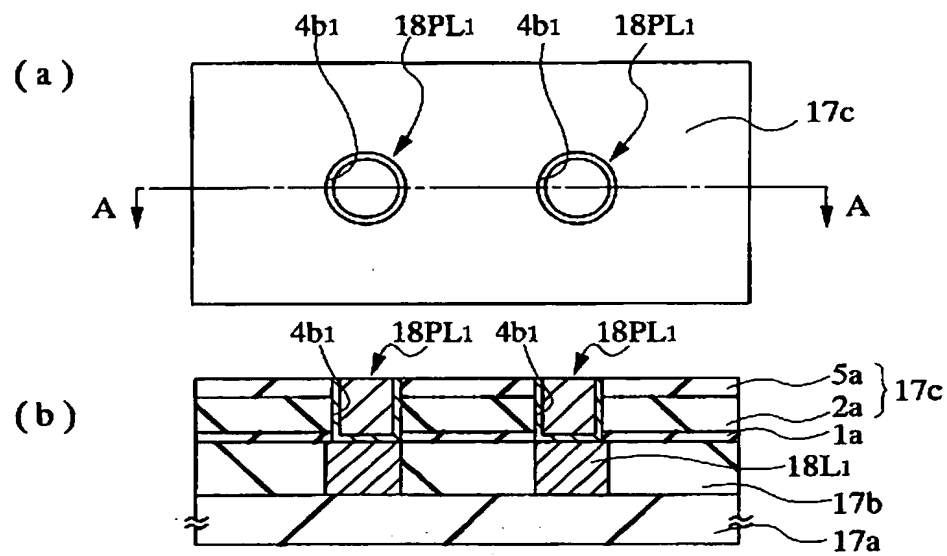
【 図 1 8 】



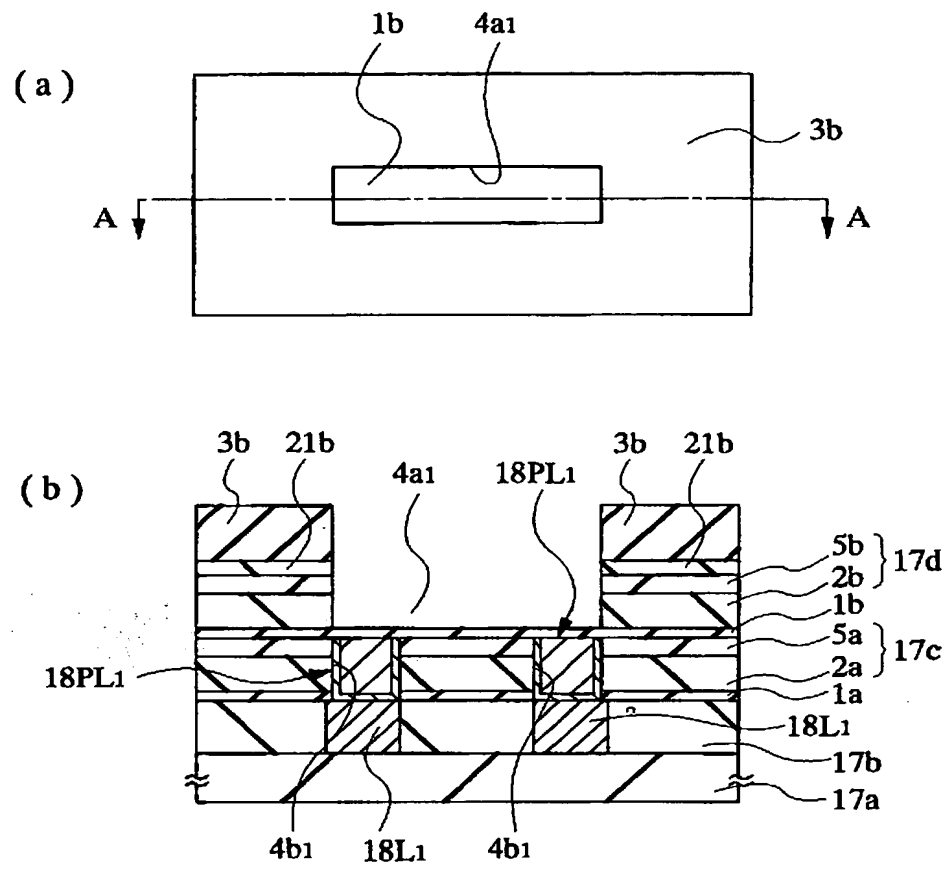
【図 19】



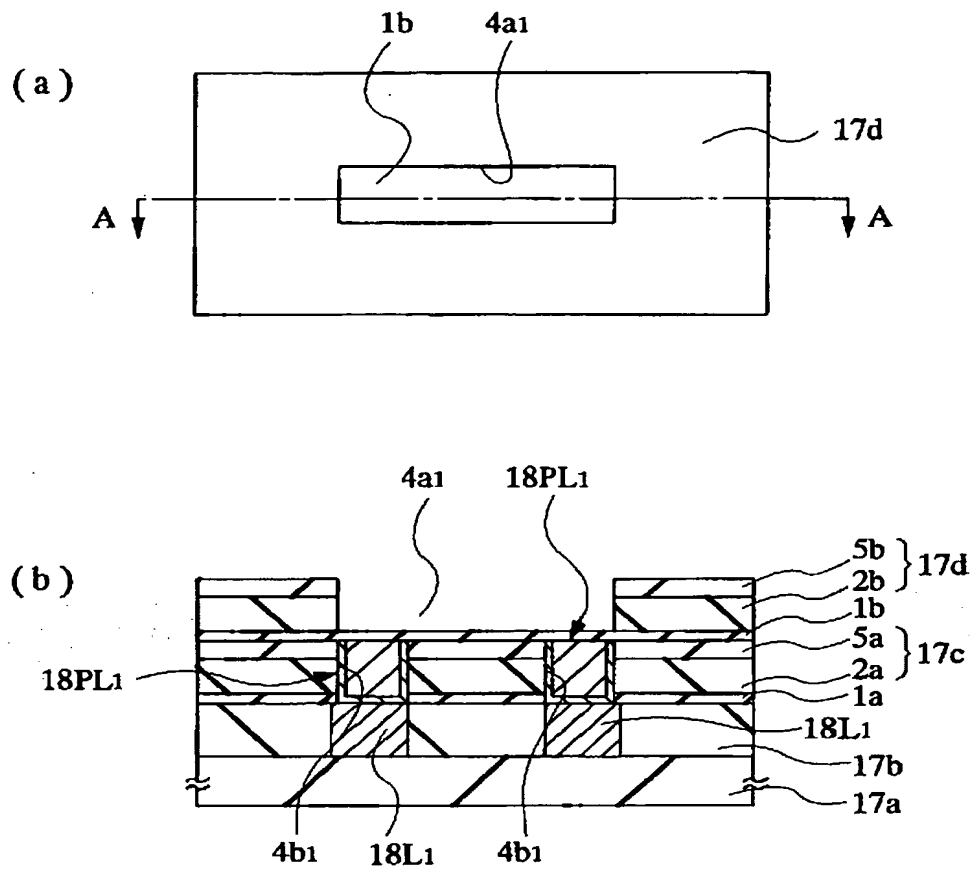
【図 20】



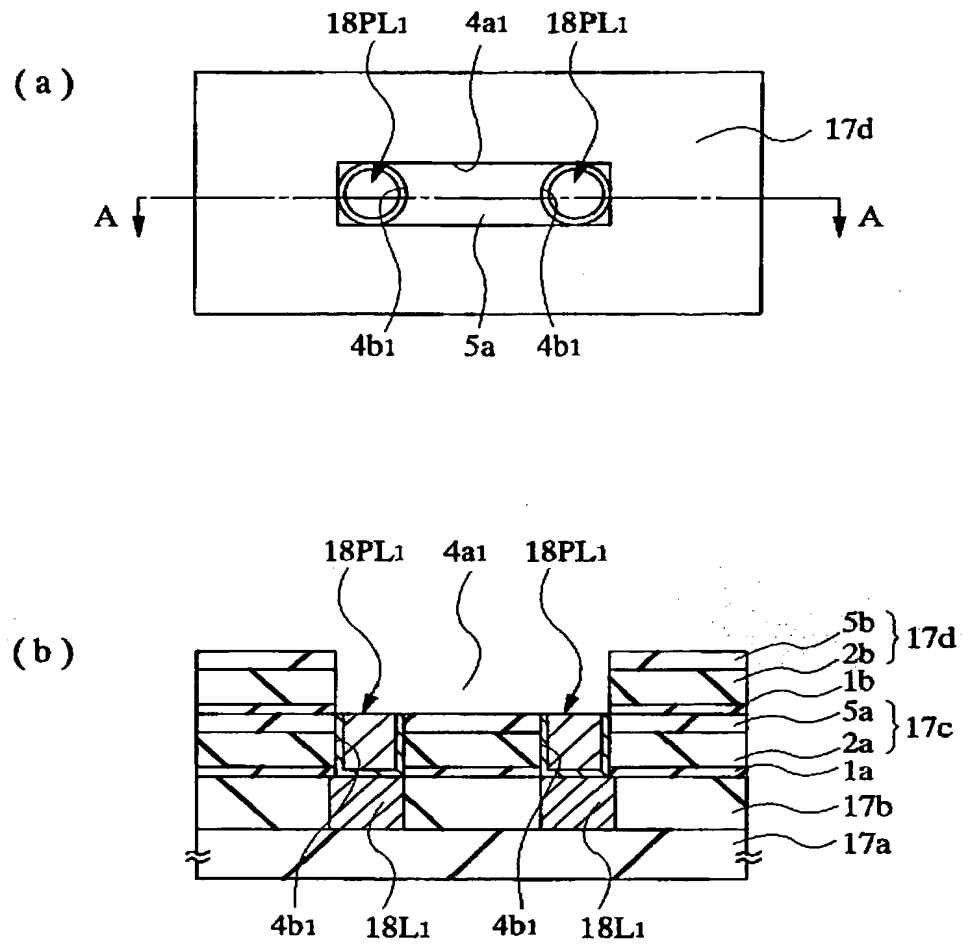
【図 23】



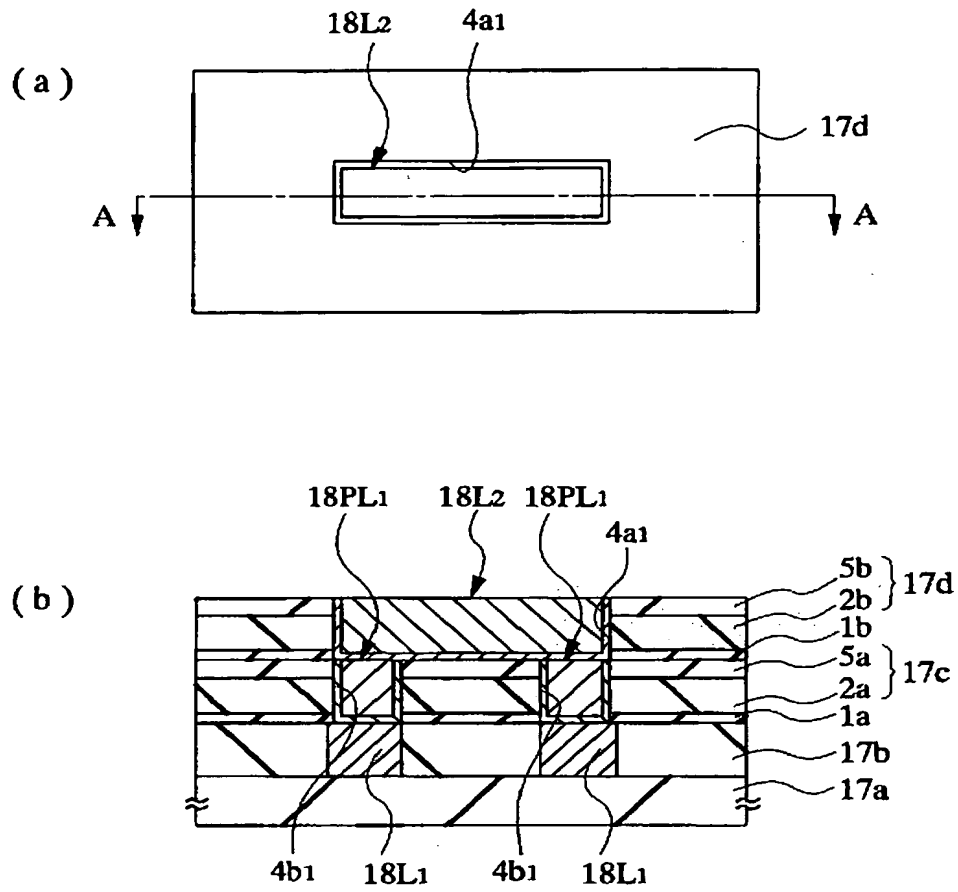
【 図 2 4 】



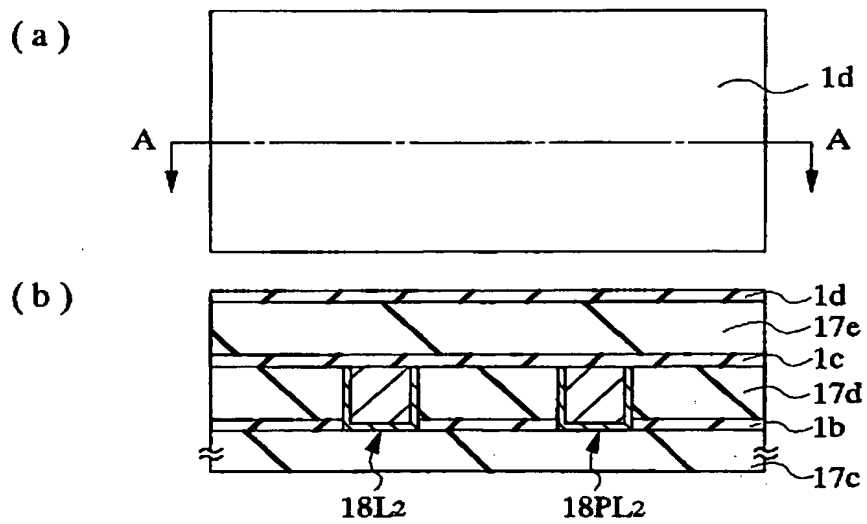
【 図 2 5 】



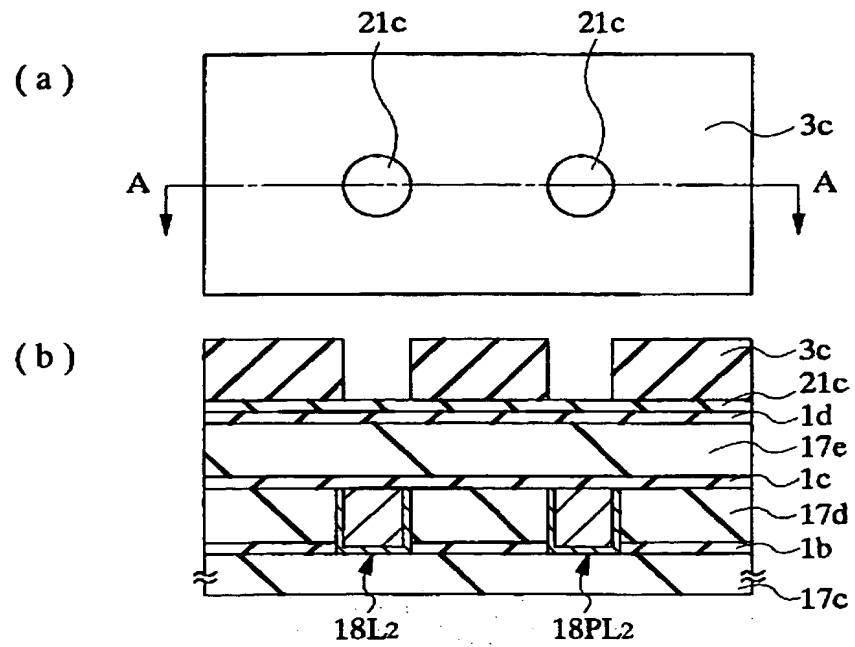
【図 26】



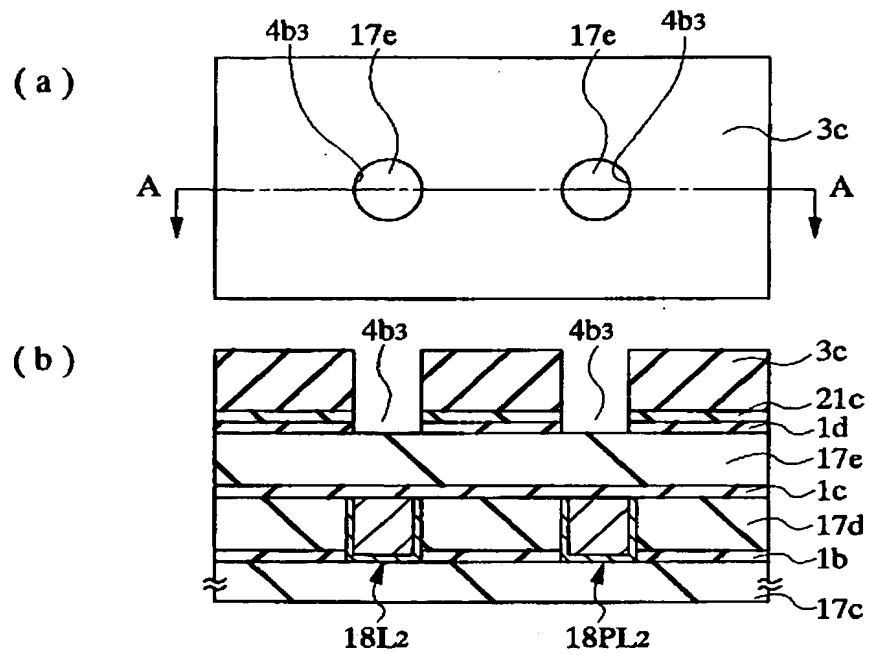
【図 27】



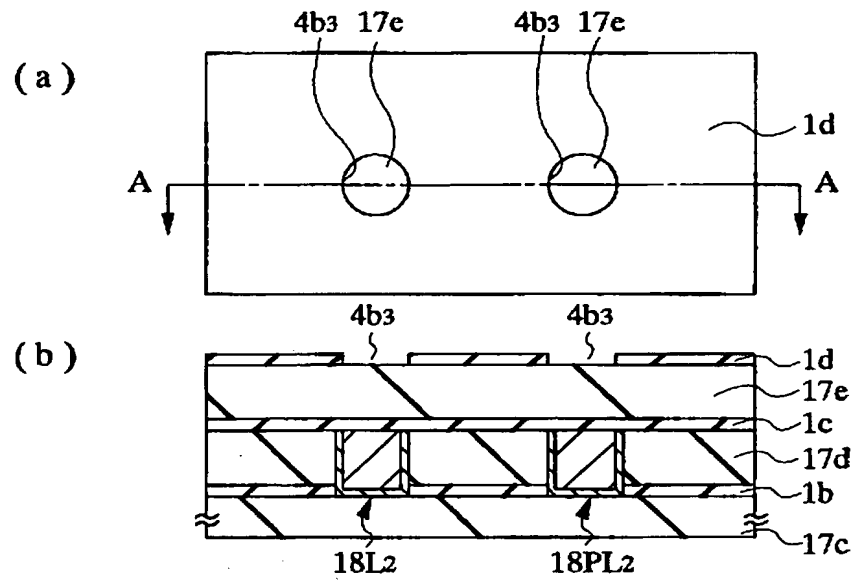
【 図 2 8 】



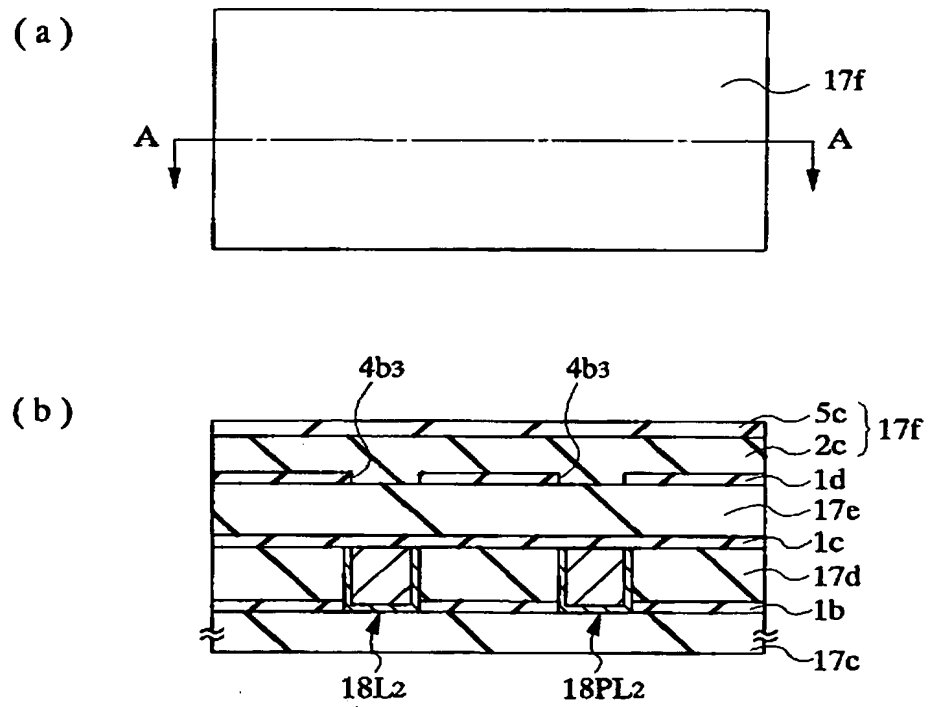
【 図 2 9 】



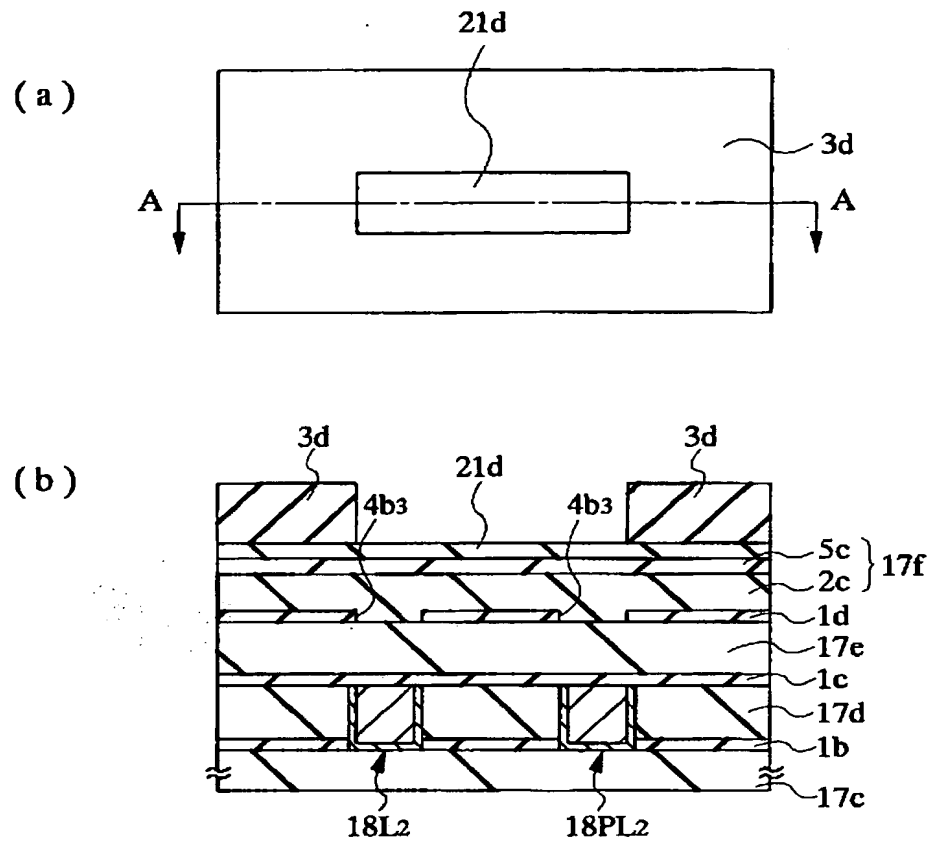
【図 30】



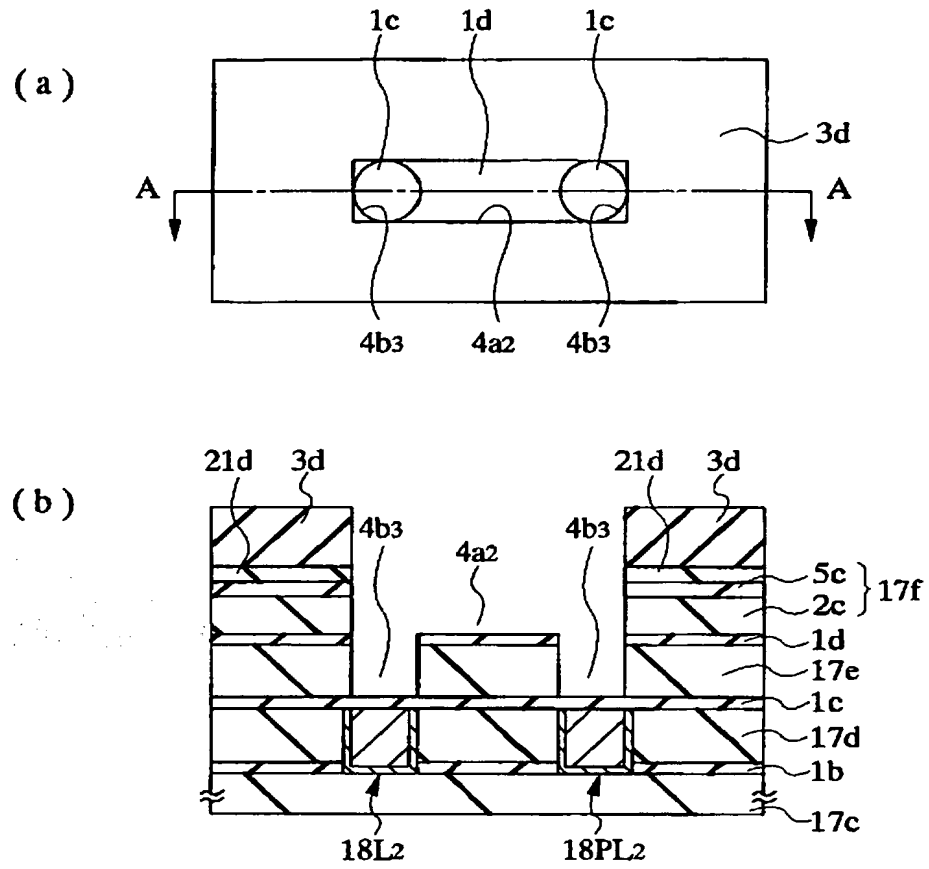
【図 31】



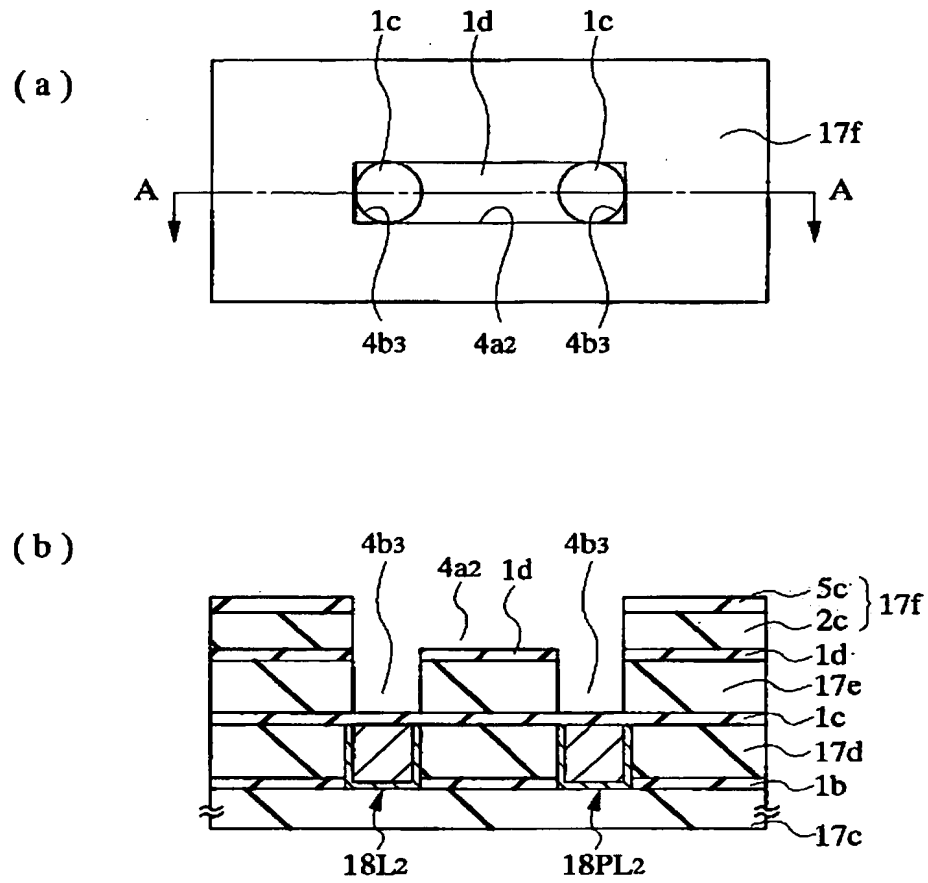
【図 3 2】



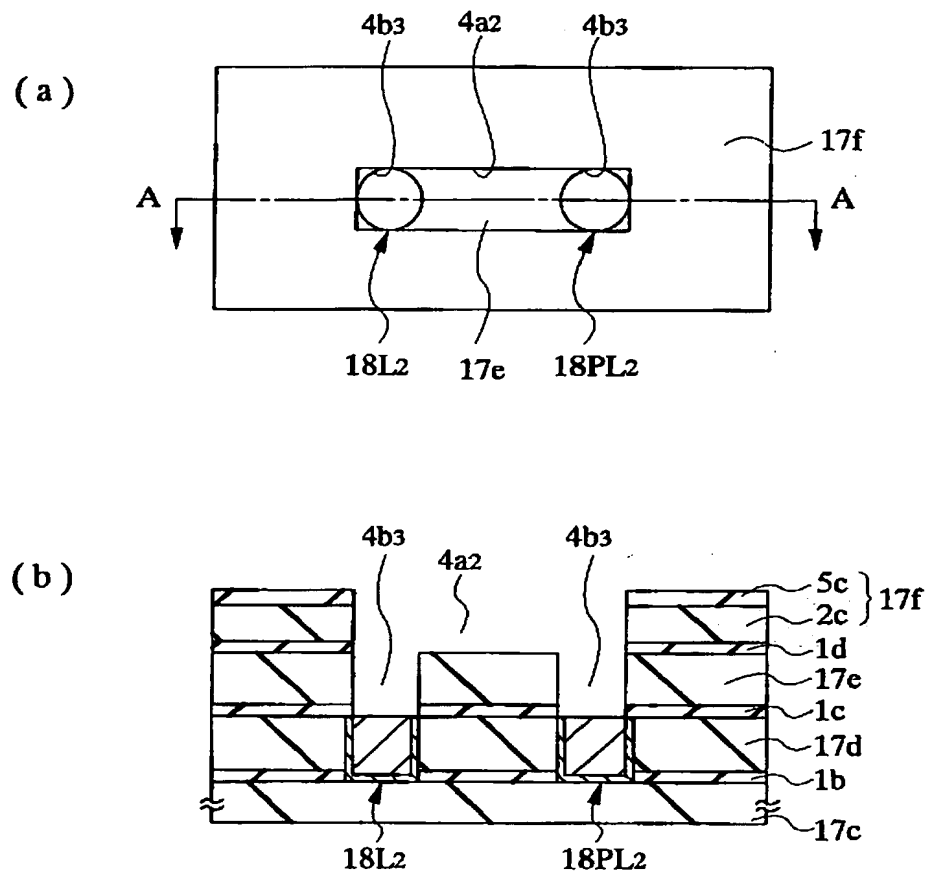
【 図 3 3 】



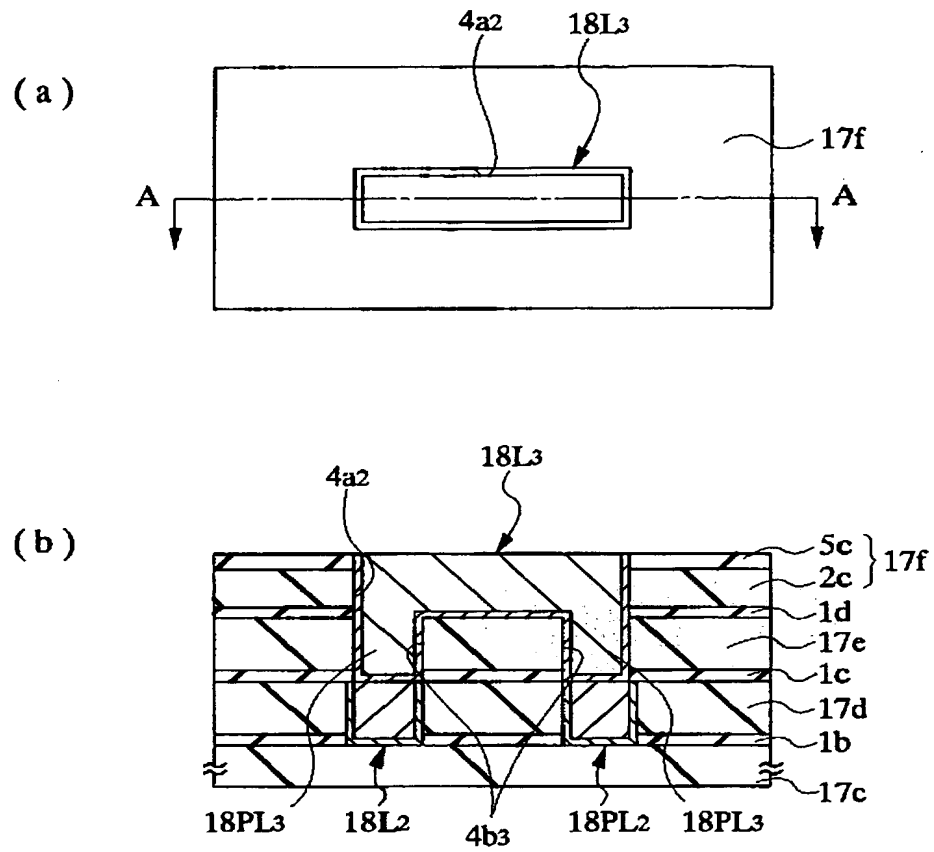
【図 3 4】



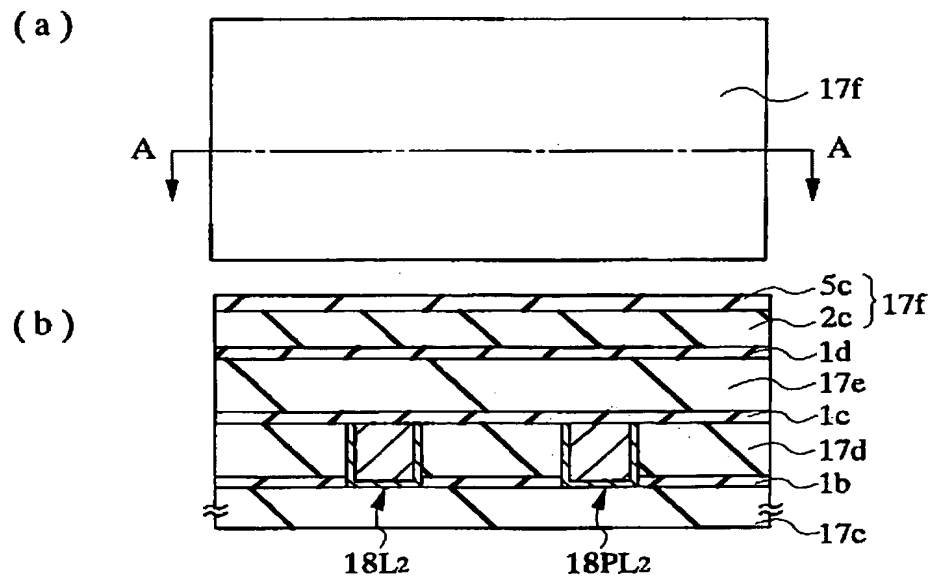
【 図 3 5 】



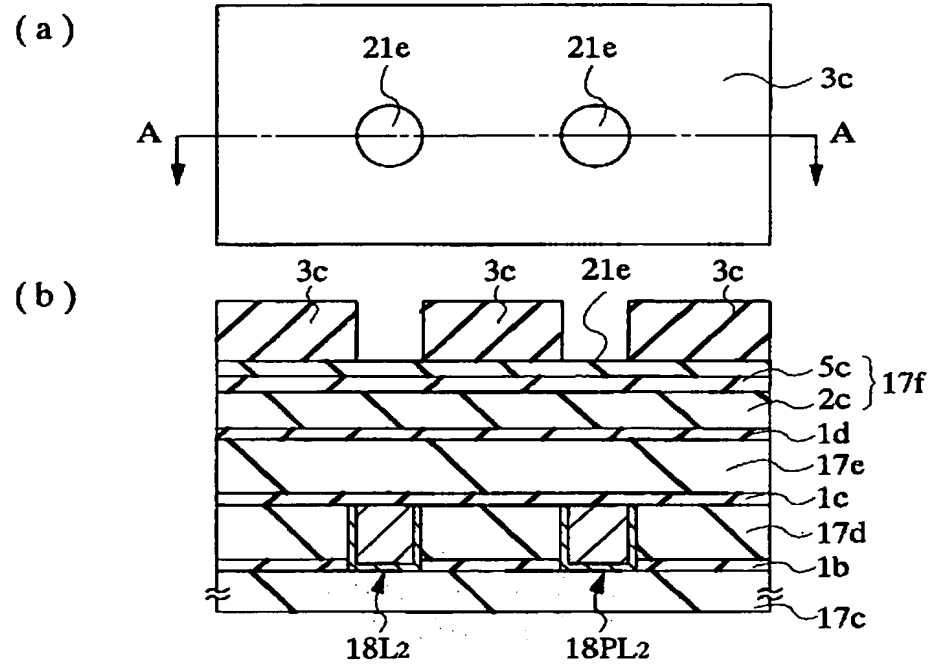
【図 36】



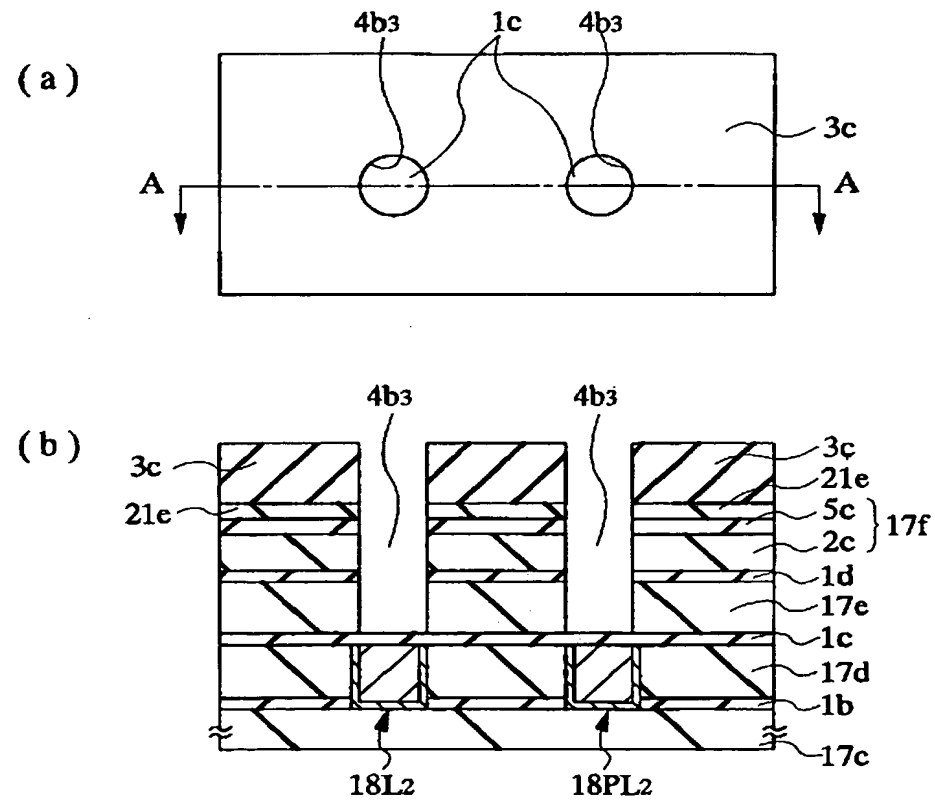
【図 37】



【図 38】

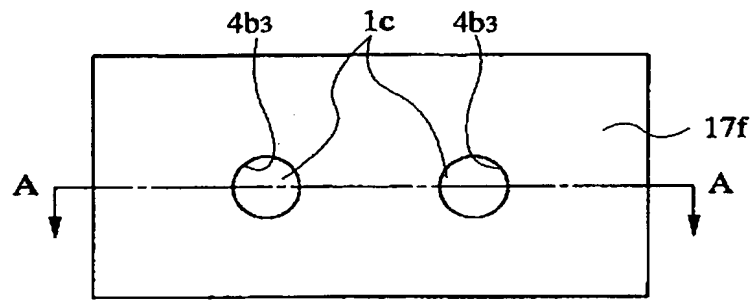


【図 39】

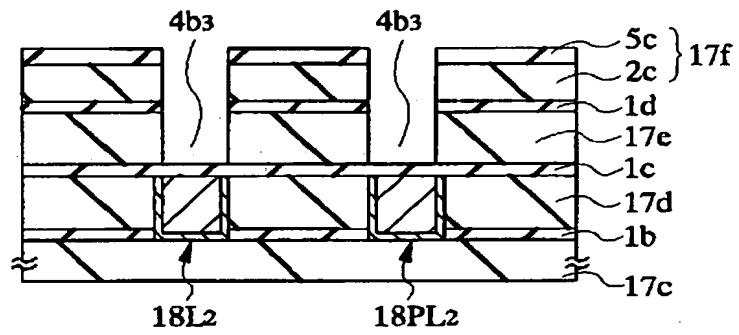


【図 40】

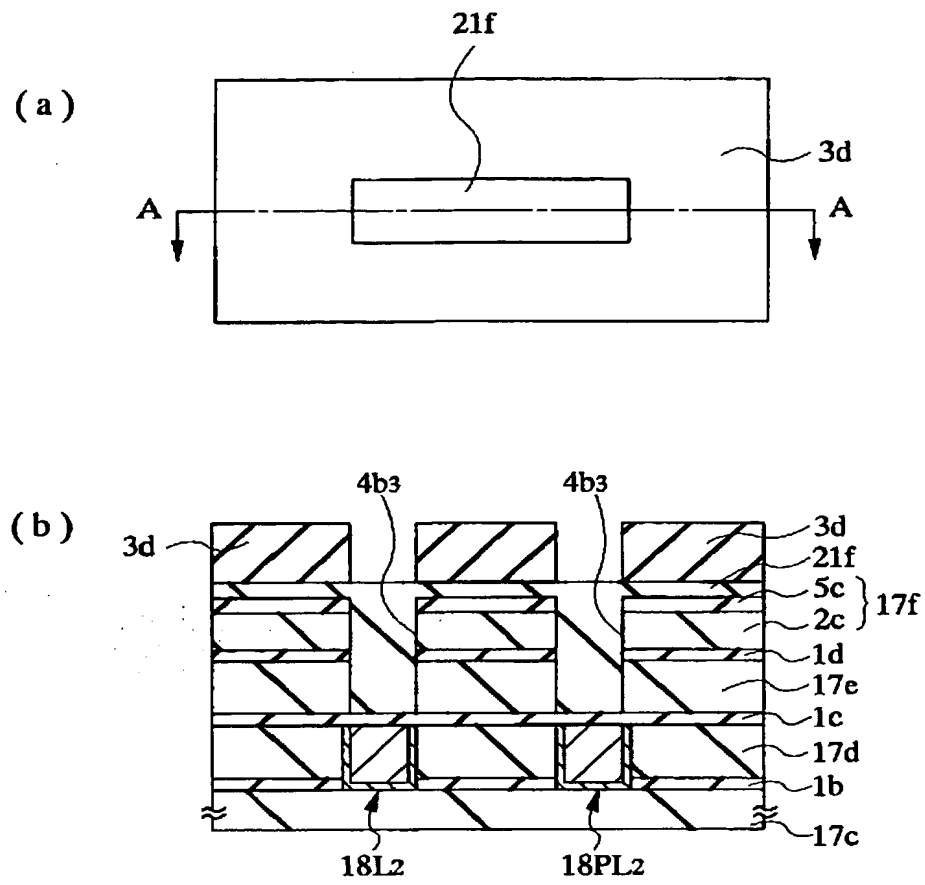
(a)



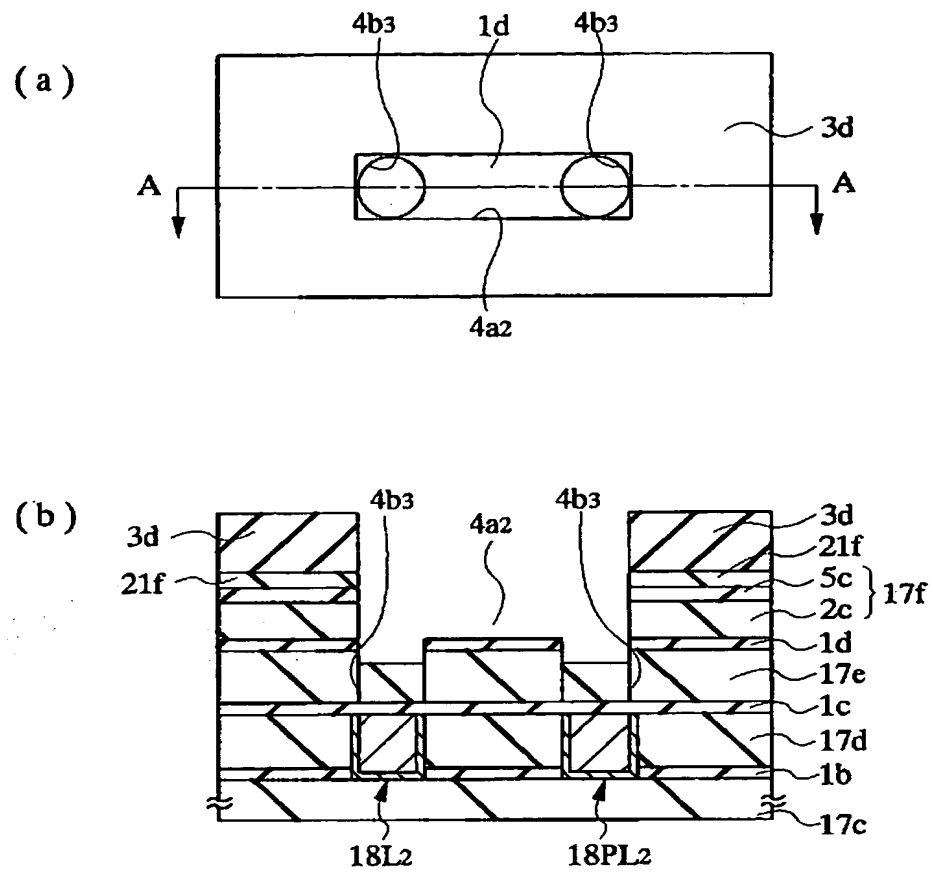
(b)



【 図 4 1 】

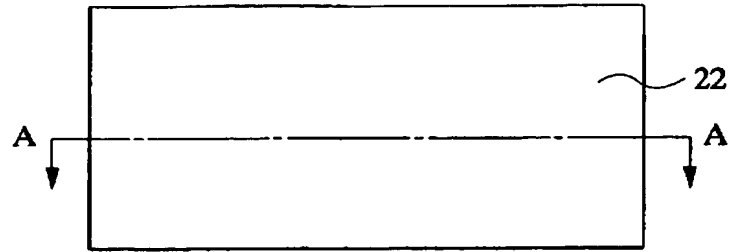


【 図 4 2 】

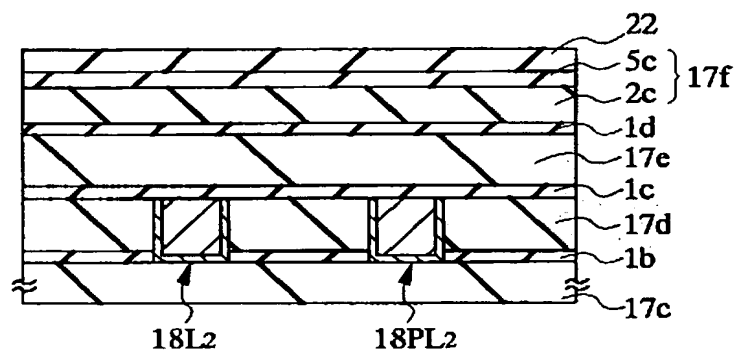


【 図 4 3 】

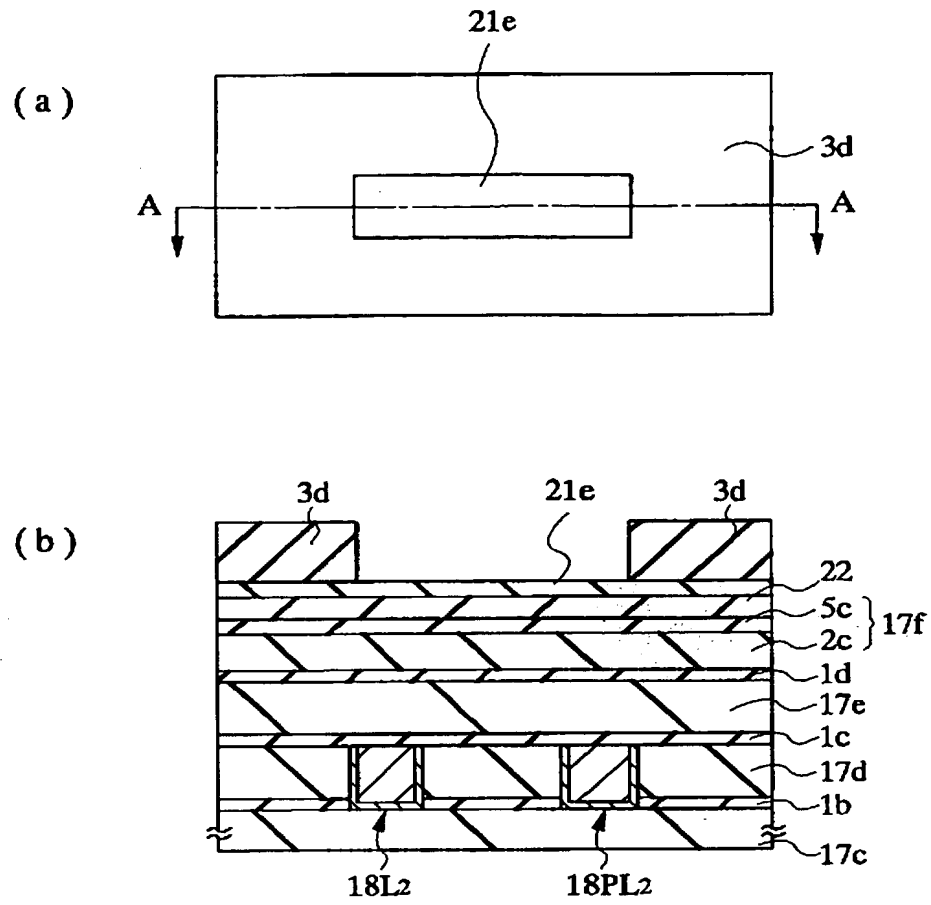
(a)



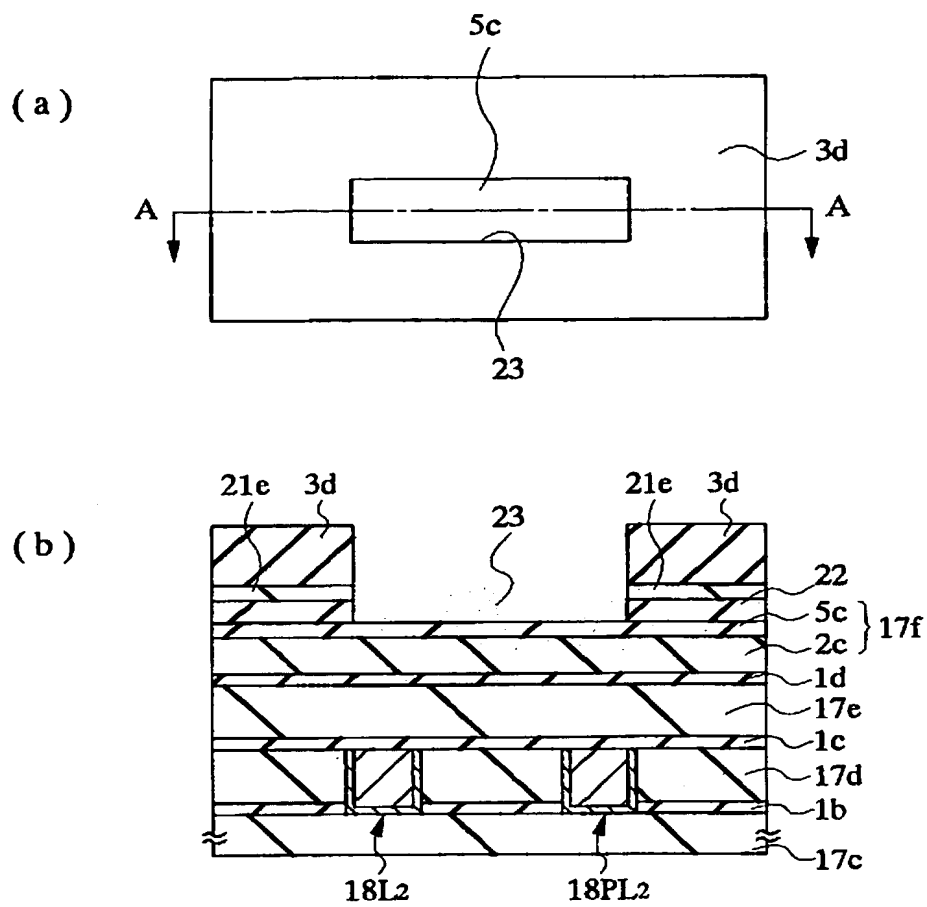
(b)



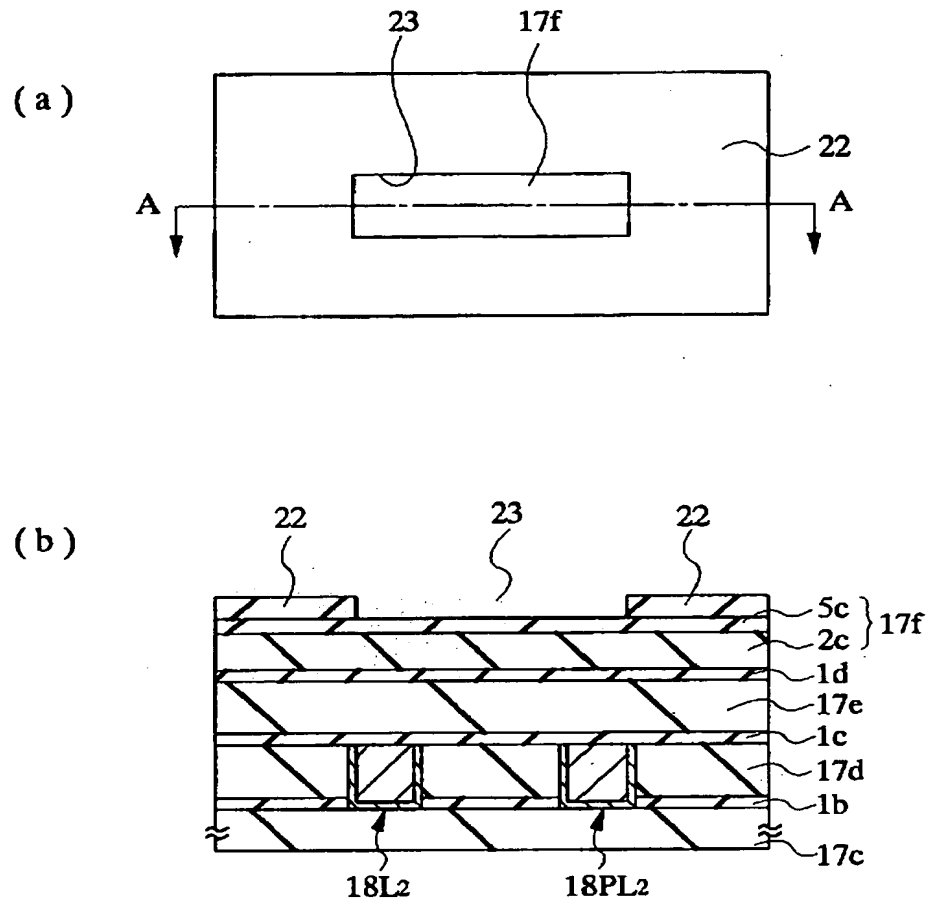
【 図 4 4 】



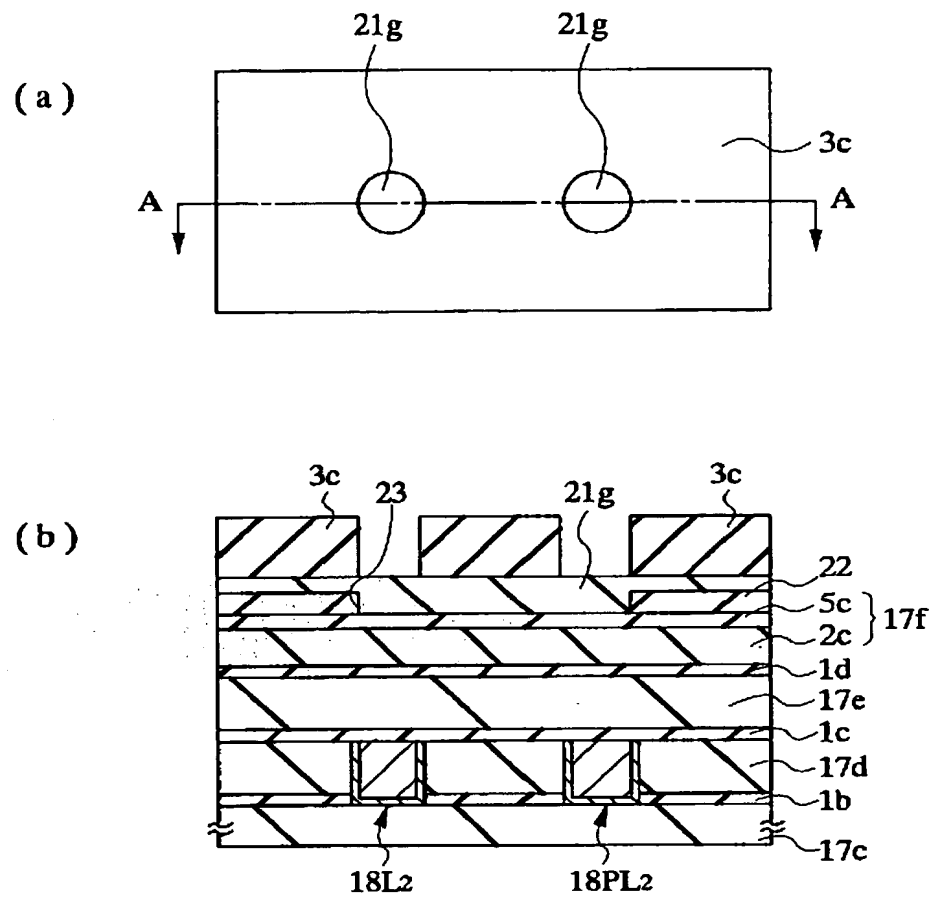
【 図 4 5 】



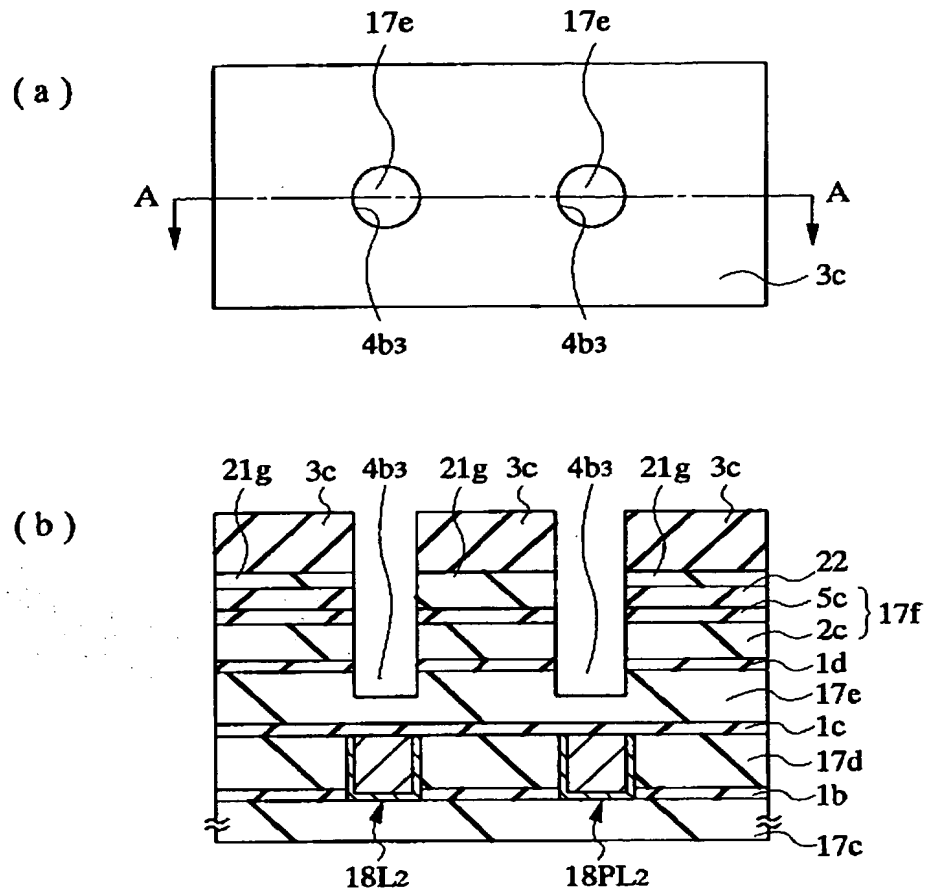
【図 4 6】



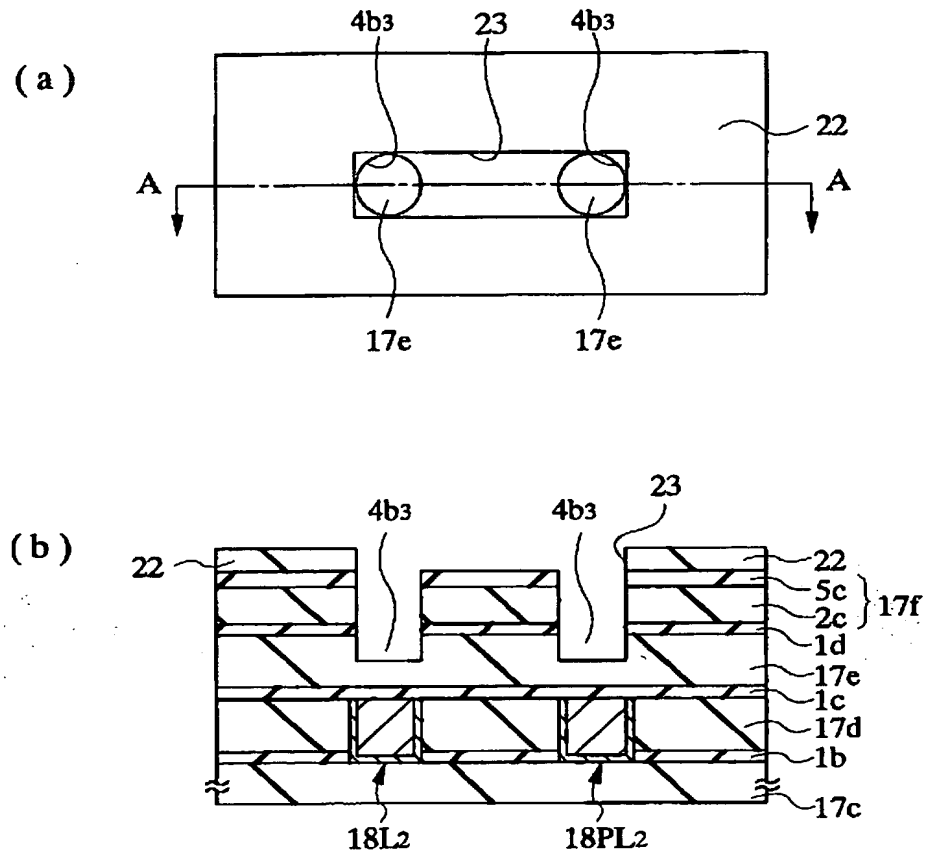
【 図 4 7 】



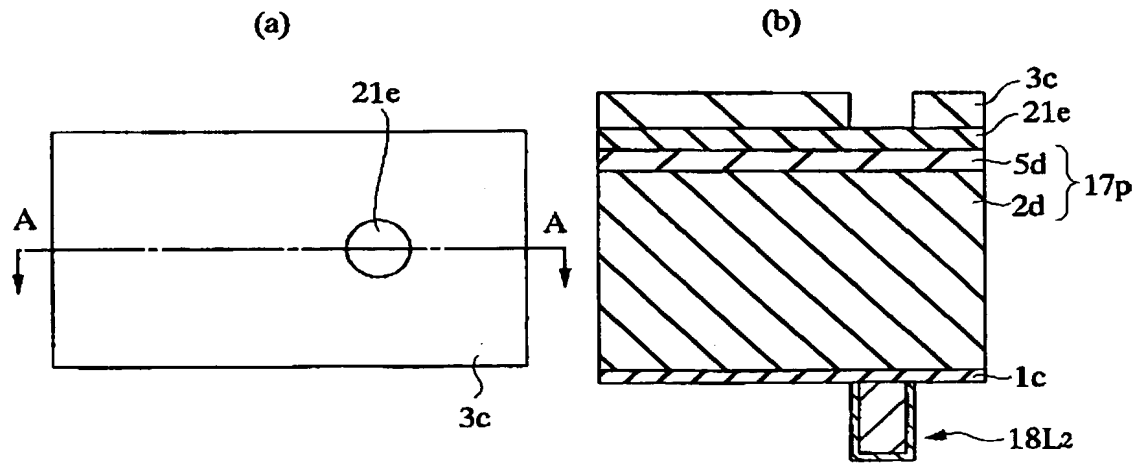
【 図 4 8 】



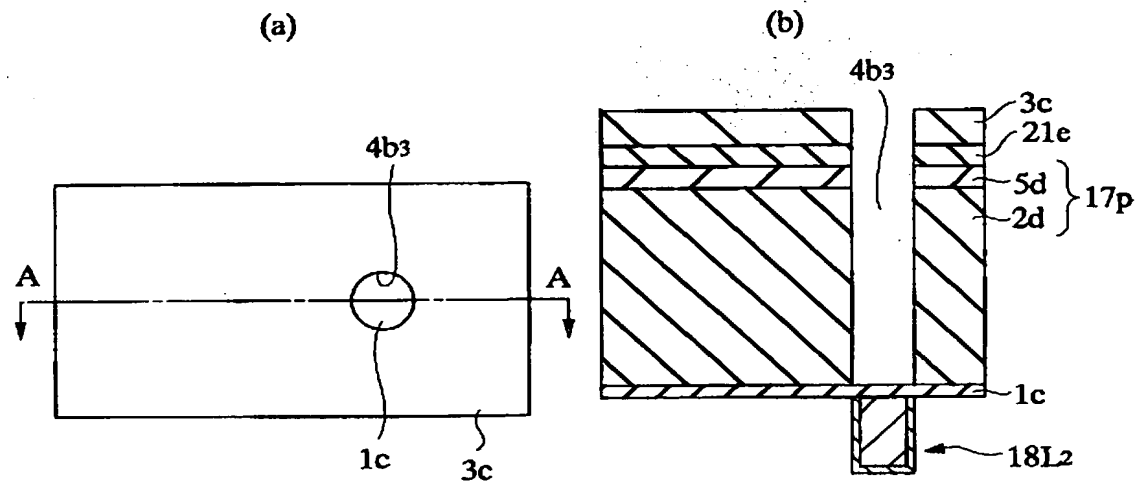
【 図 4 9 】



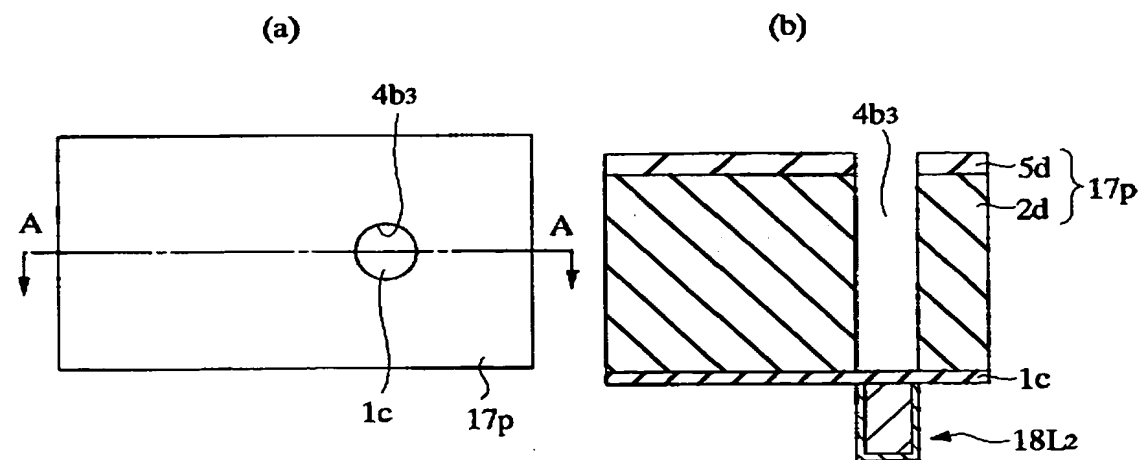
【図 5 2】



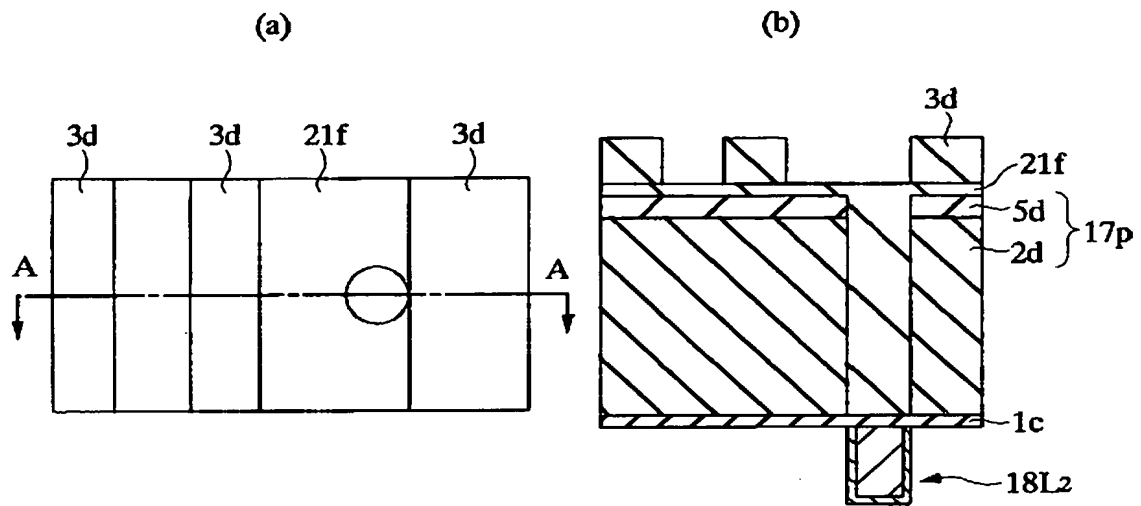
【図 5 3】



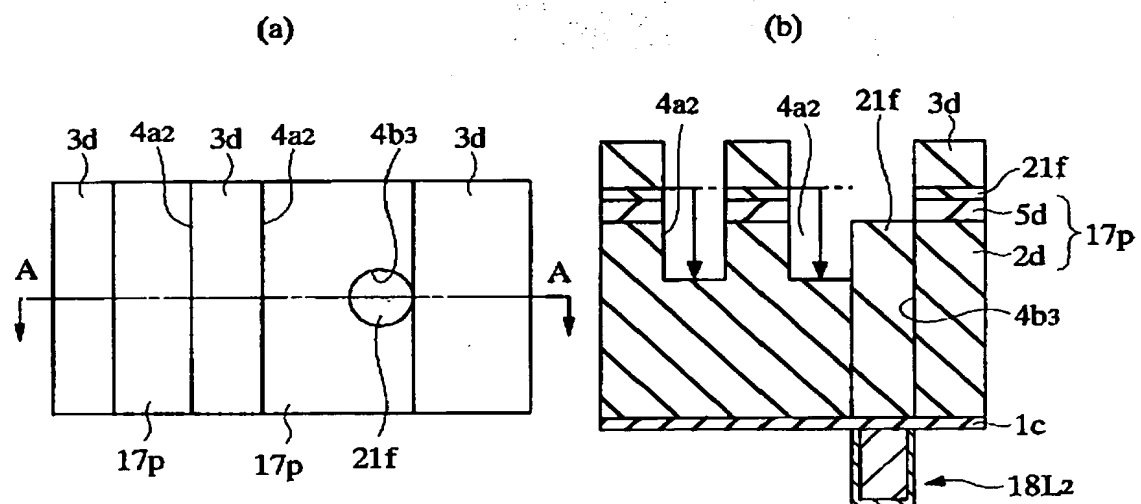
【図 5 4】



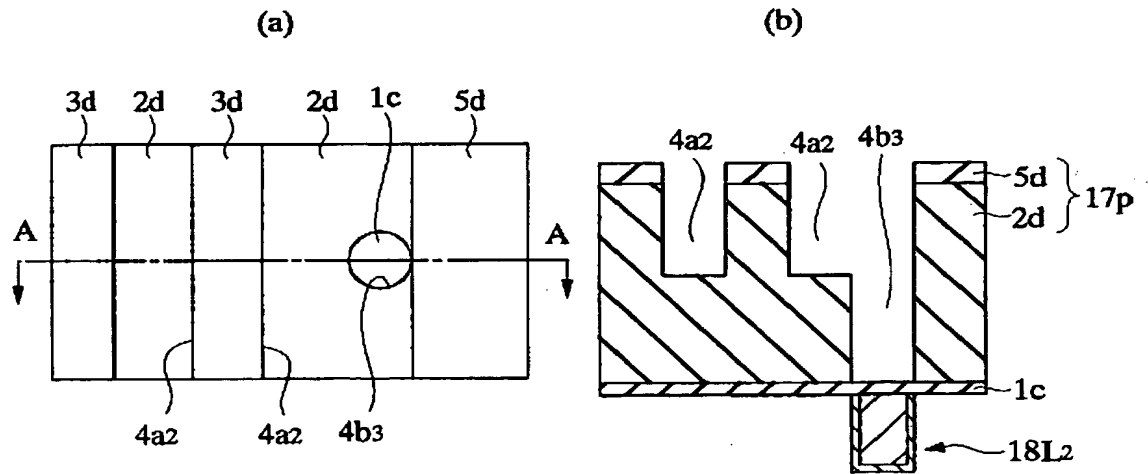
【 図 5 5 】



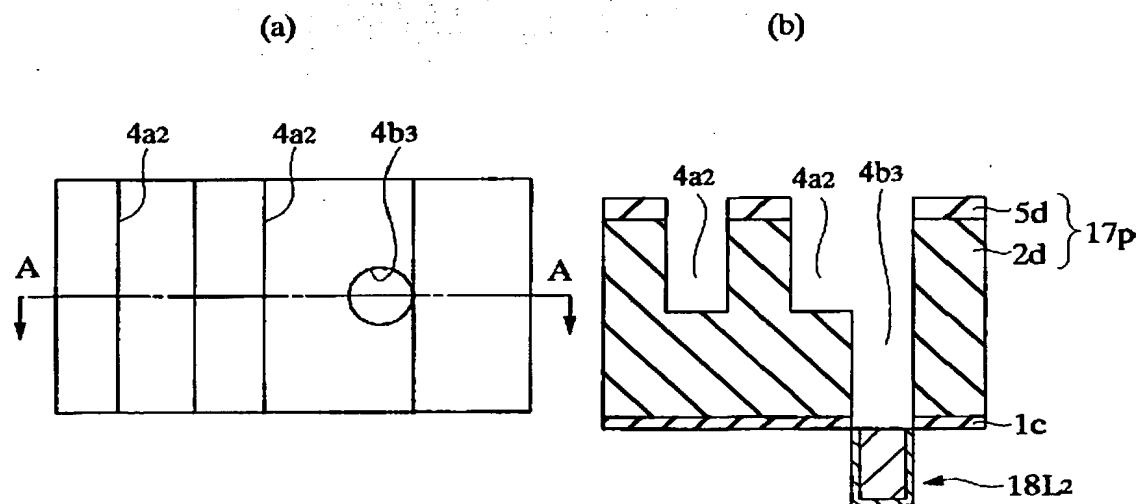
【 図 5 6 】



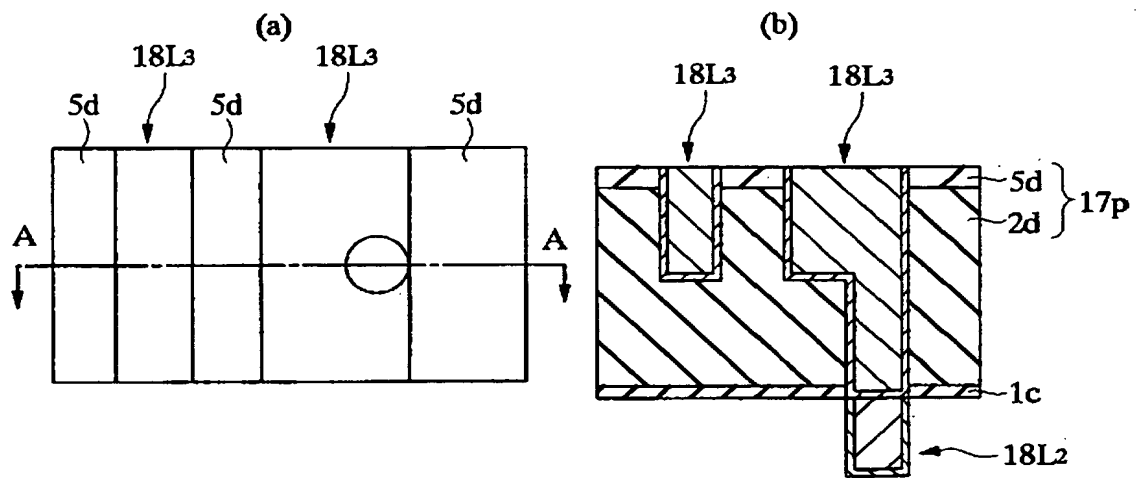
【図 5 7】



【図 5 8】

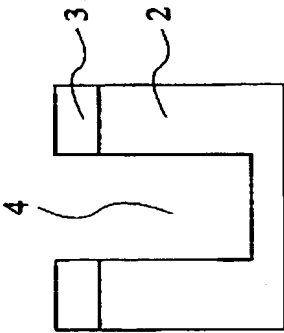
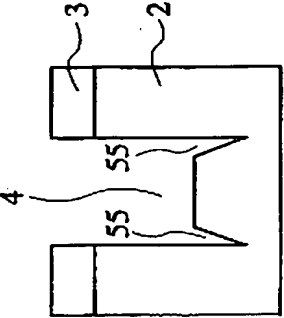


【 図 5 9 】



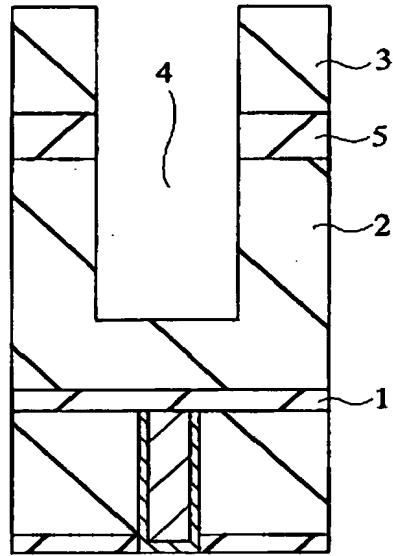
【図 60】

図 60

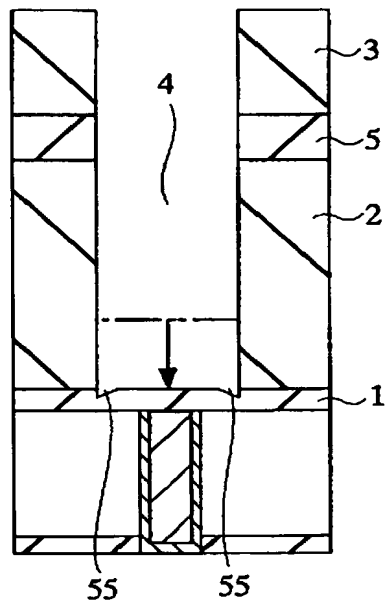
	C ₄ F ₈ 流量 > O ₂ 流量	C ₄ F ₈ 流量 ≤ O ₂ 流量
断面模式図		
形 状	○	× (サイドトレンチあり)
対S i N選択比	× (2以下)	○ (5以下)
エッチング装置	東京エレクトロン IEM	
エッチングガス	C ₄ F ₈ /O ₂ /Ar	
圧 力	25 mTorr	30 mTorr
高周波電力	500/200W	2200/1400W
ステージ温度	-20℃	

【図 6 1】

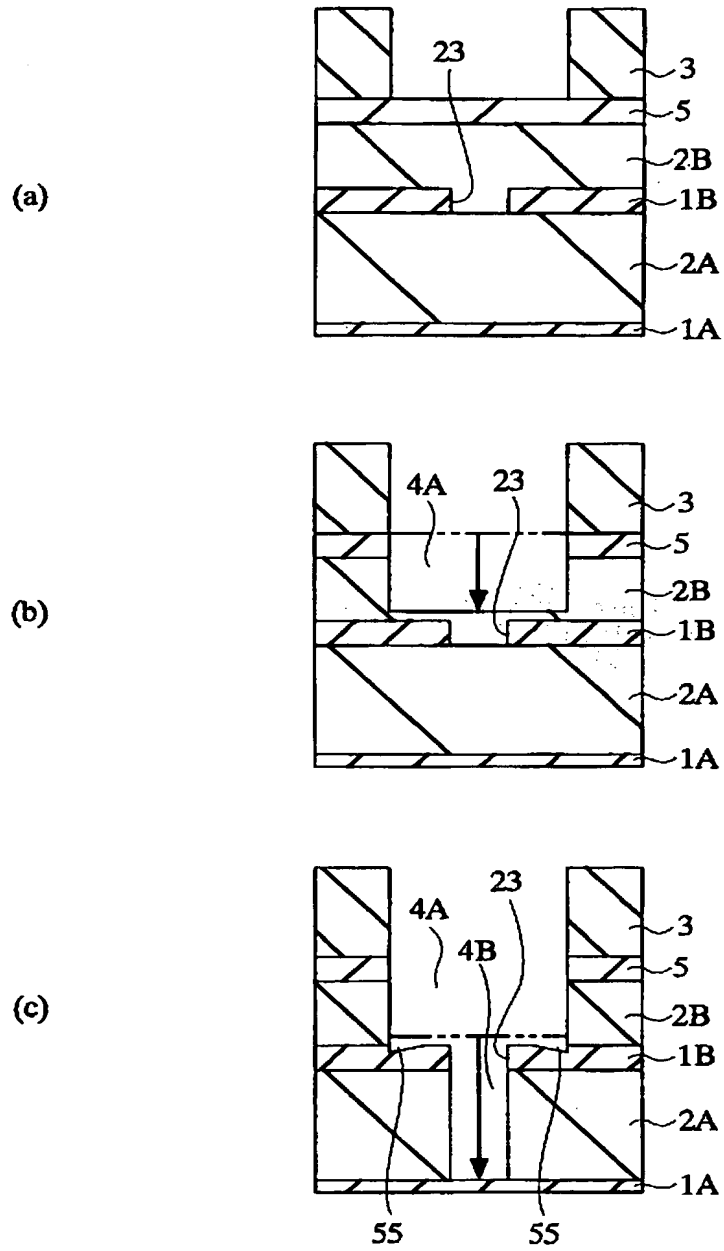
(a)



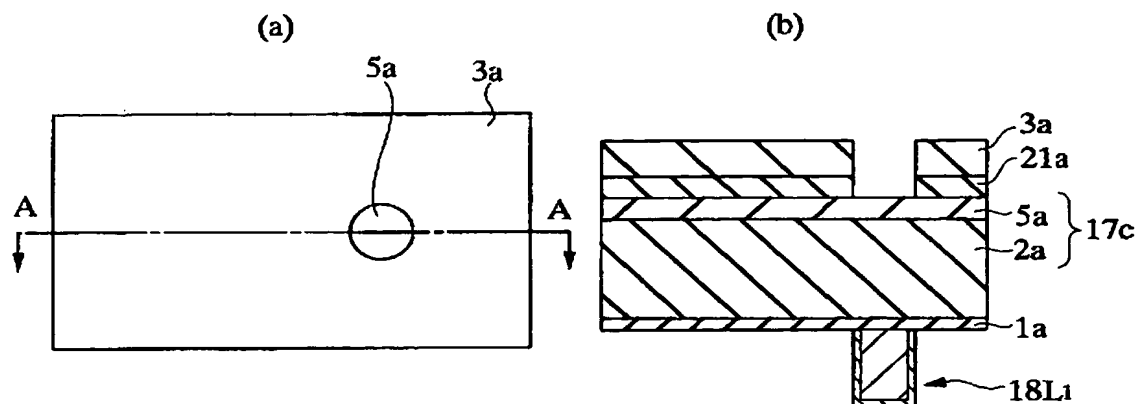
(b)



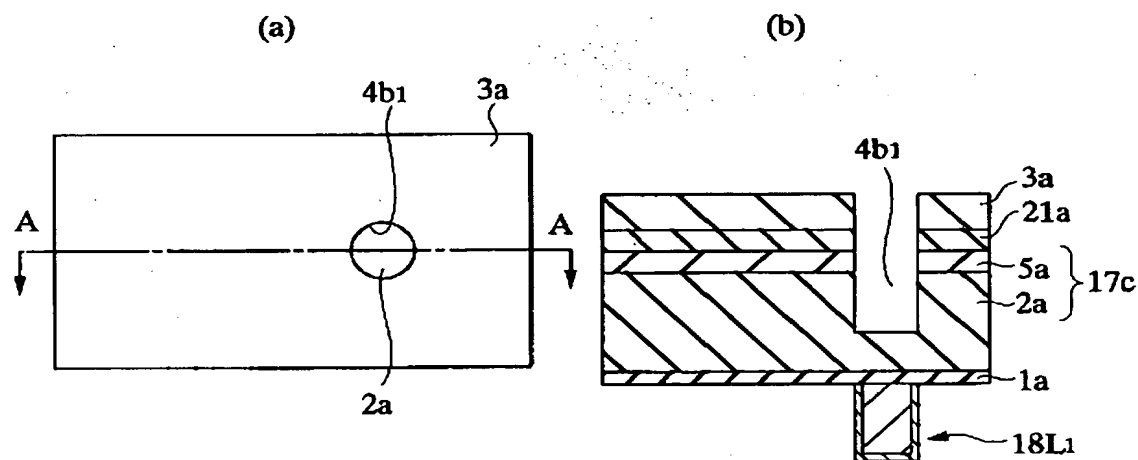
【図 6 2】



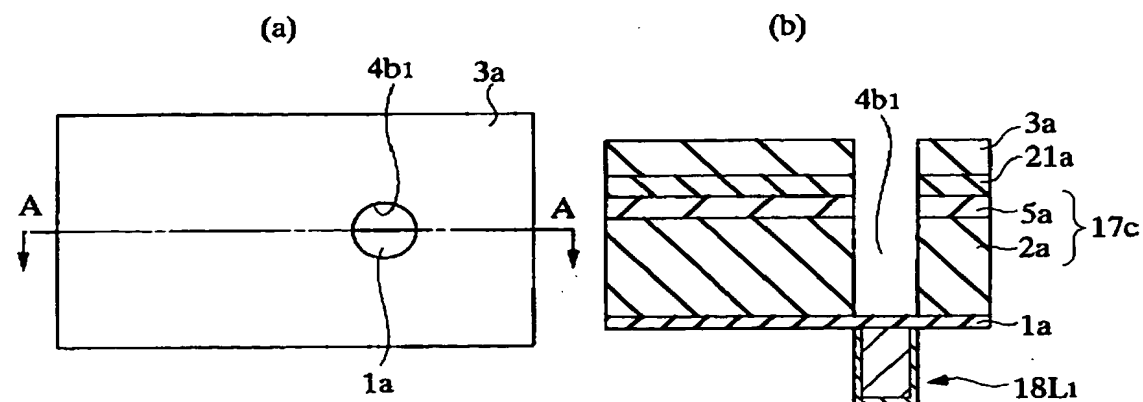
【図 6 3】



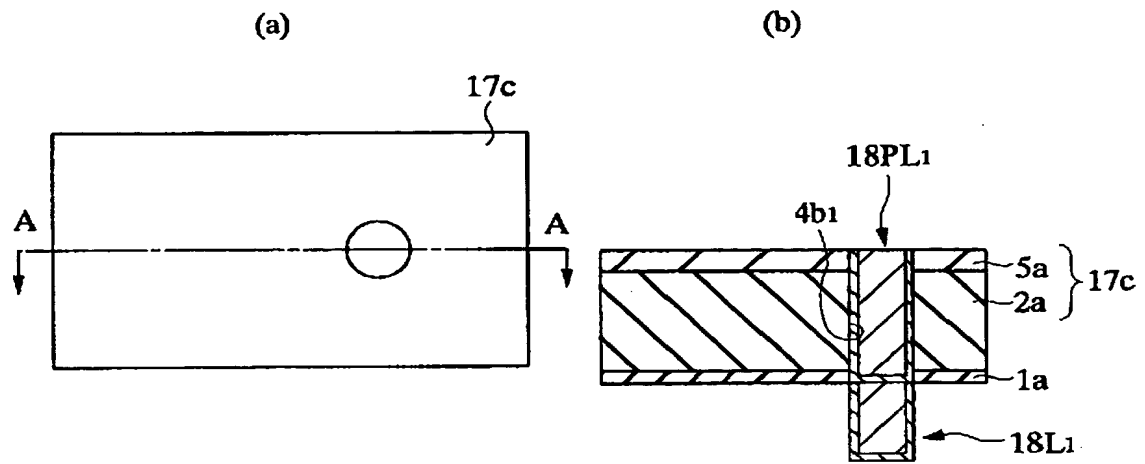
【図 6 4】



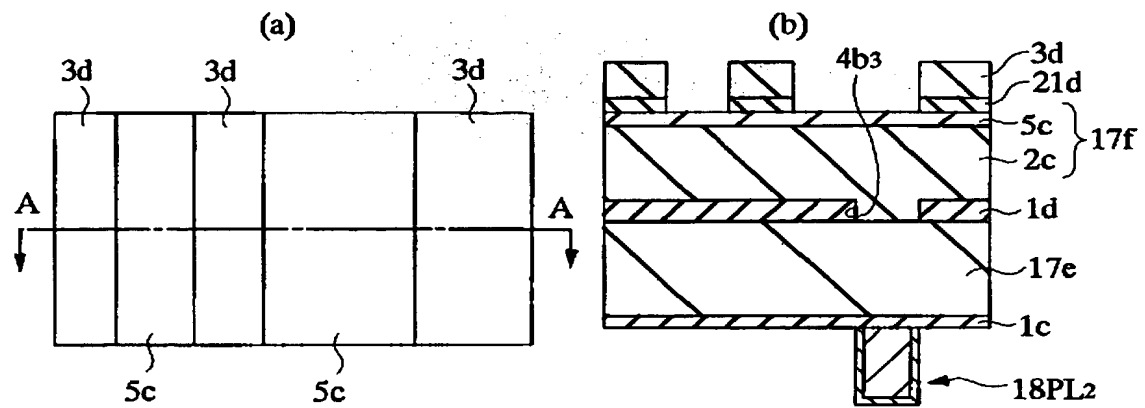
【図 6 5】



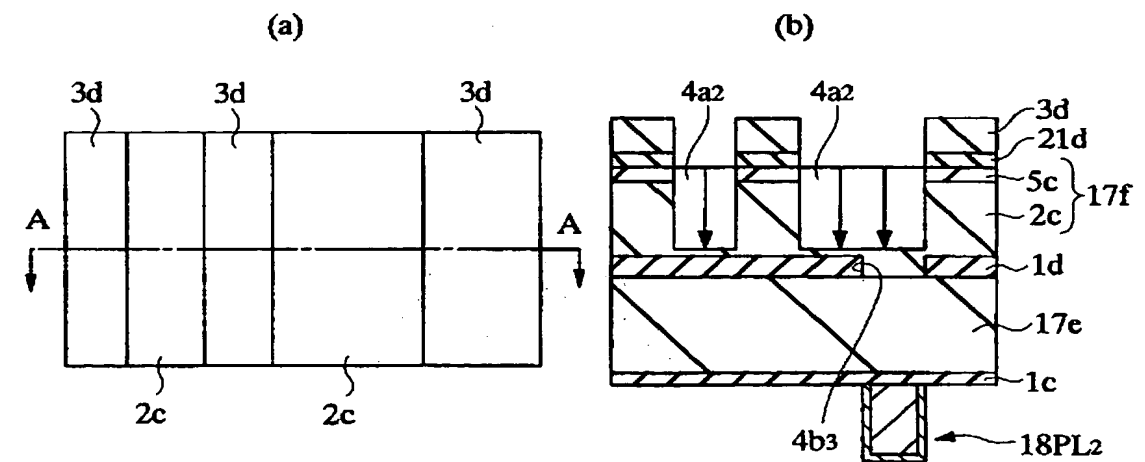
【図 6 6】



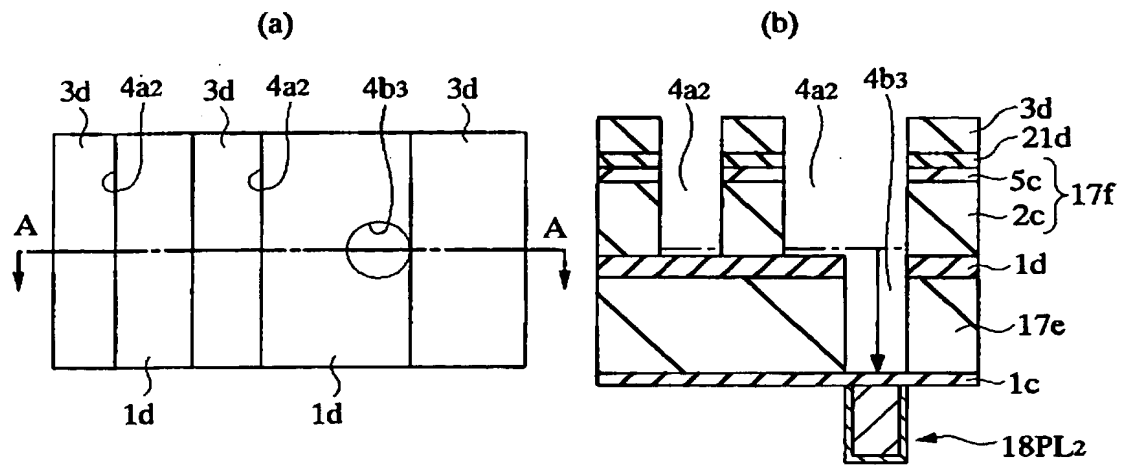
【図 6 7】



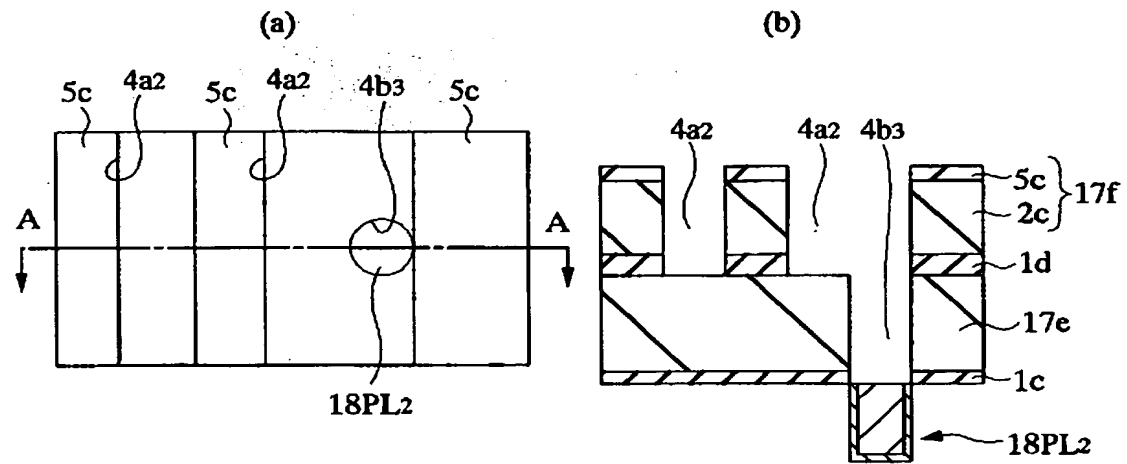
【図 6 8】



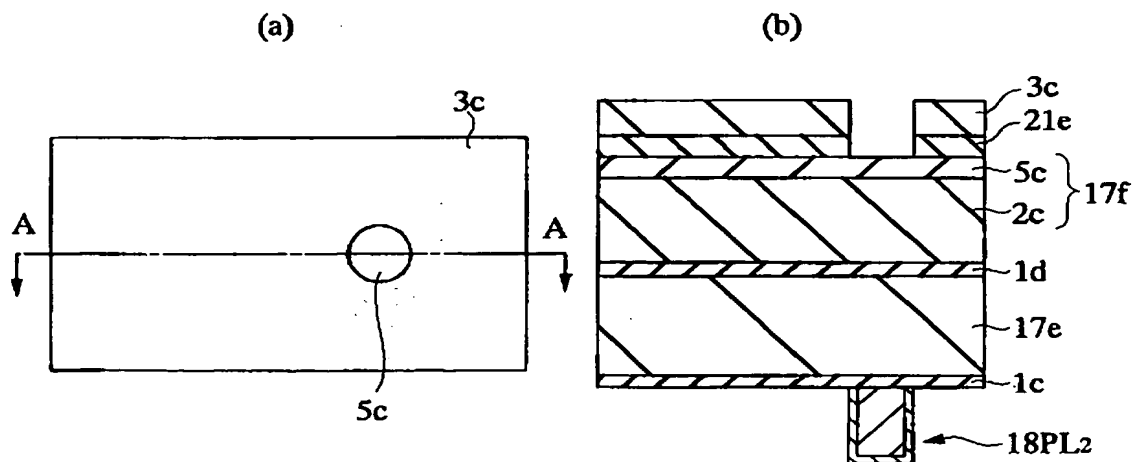
【 図 6 9 】



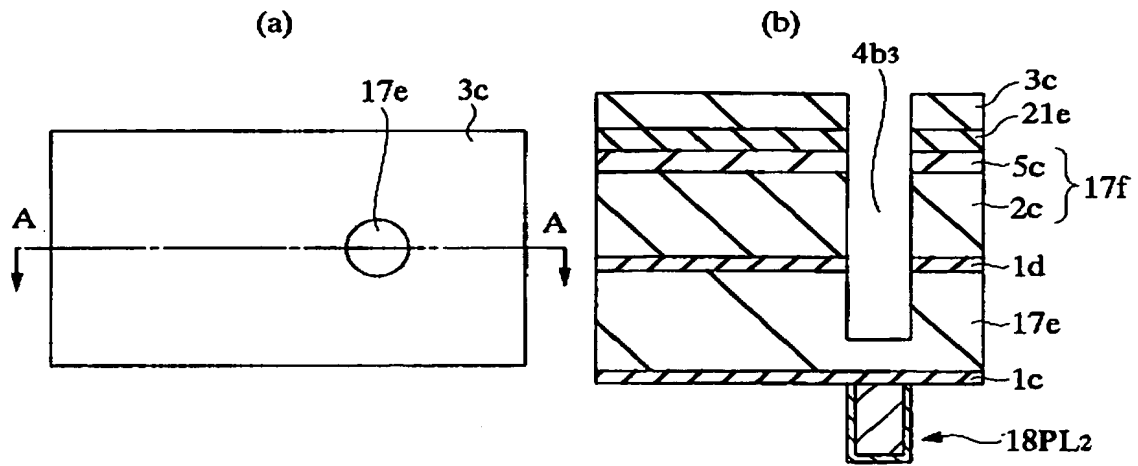
【 図 7 0 】



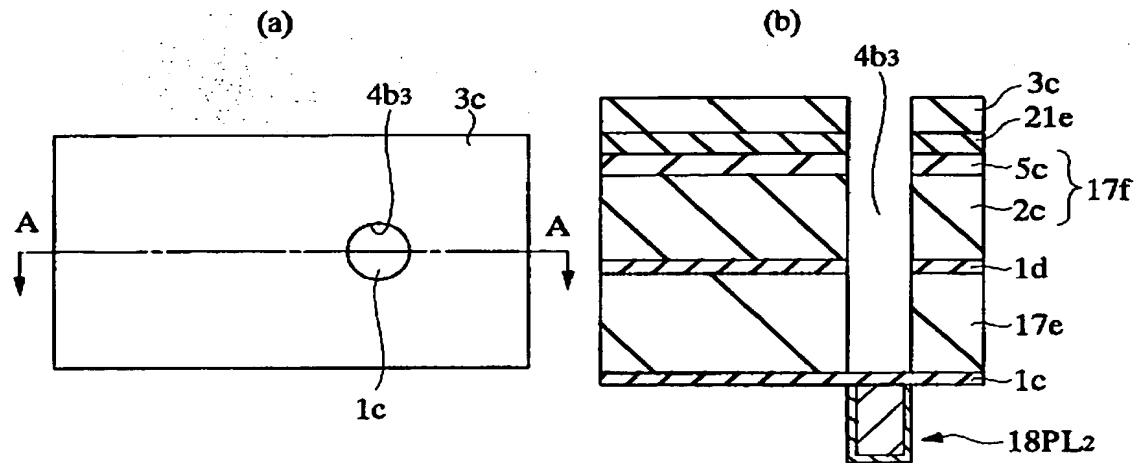
【 図 7 1 】



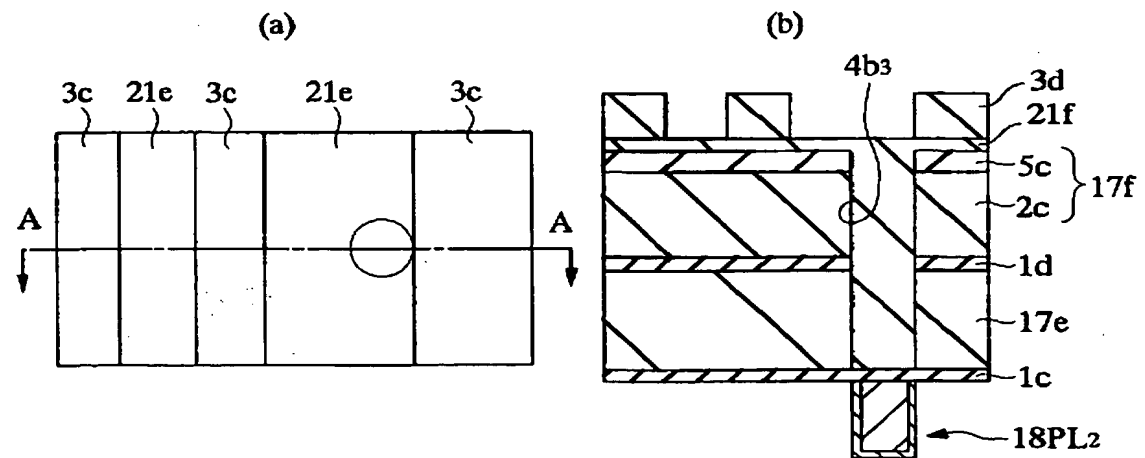
【 図 7 2 】



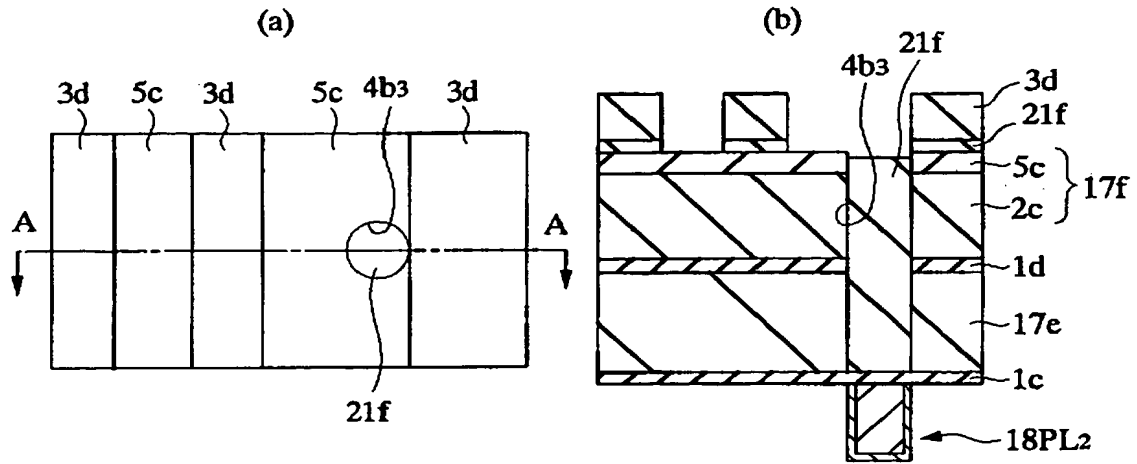
【 図 7 3 】



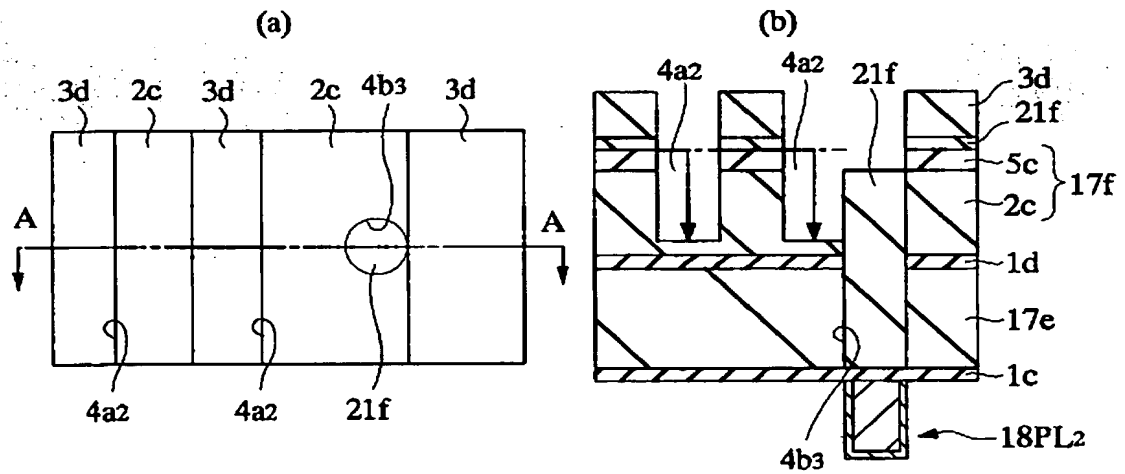
【 図 7 4 】



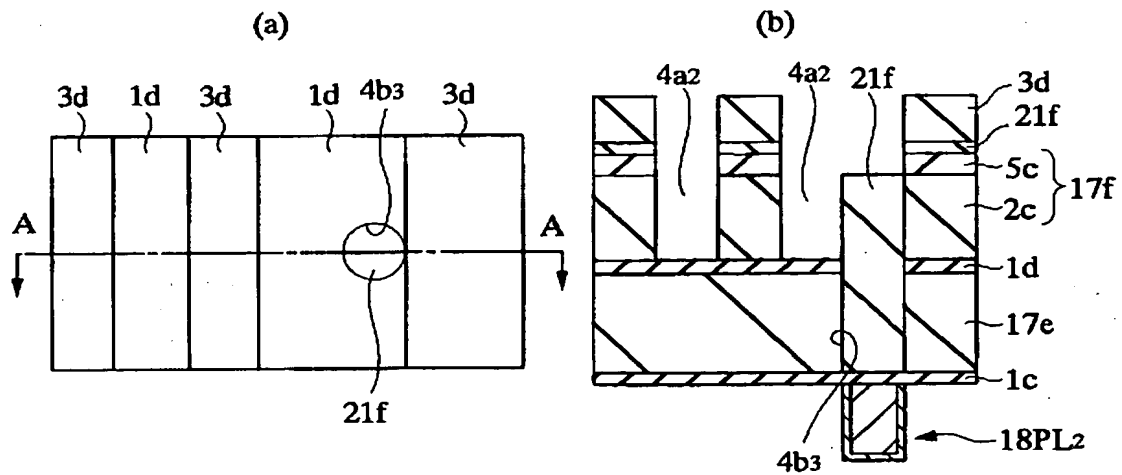
【図 7 5】



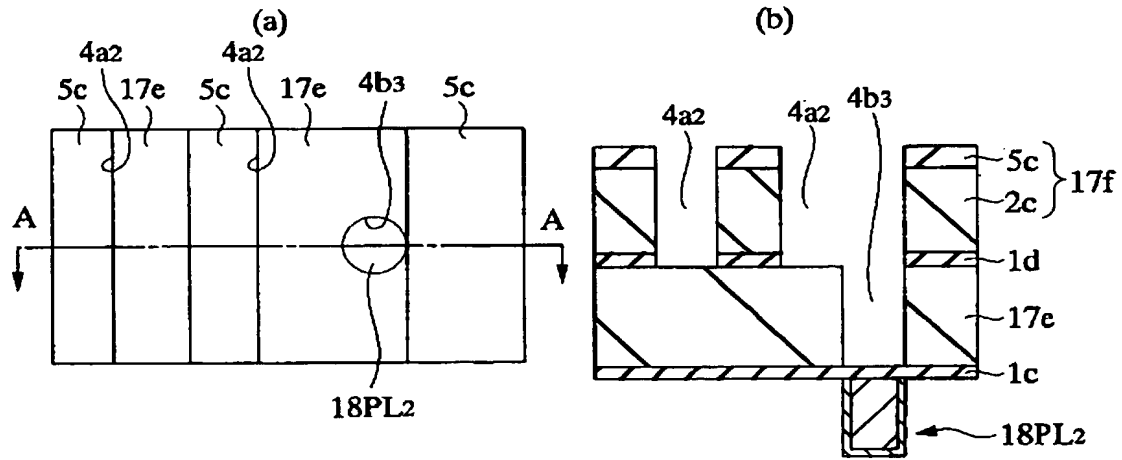
【図 7 6】



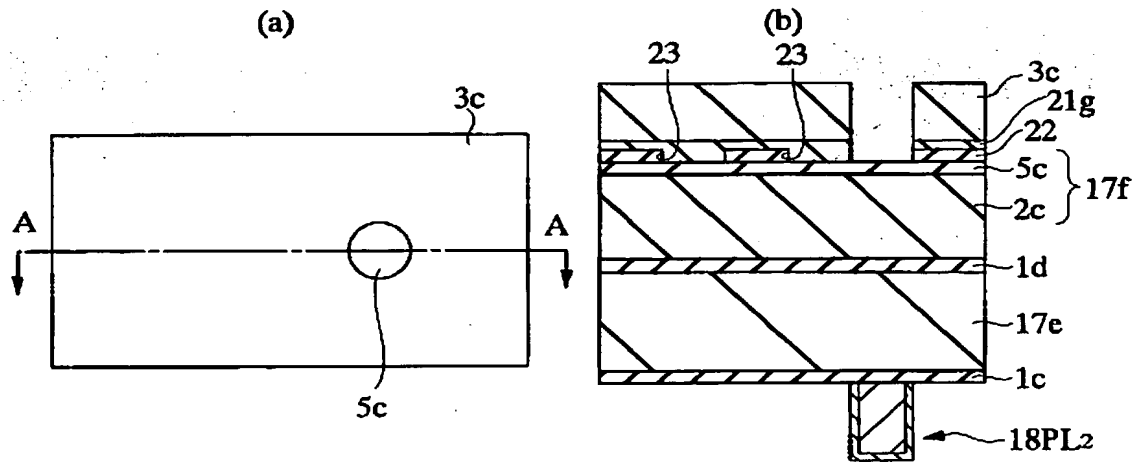
【図 7 7】



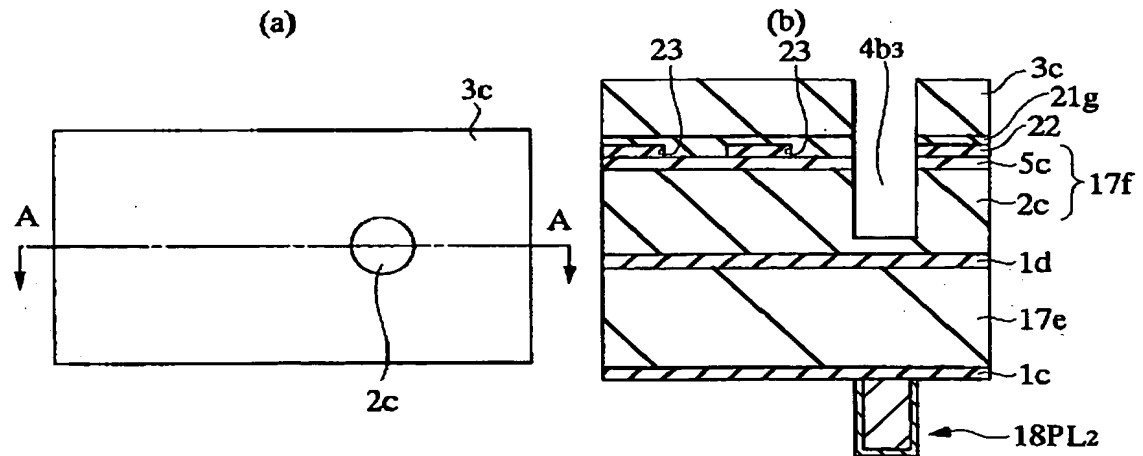
【図 78】



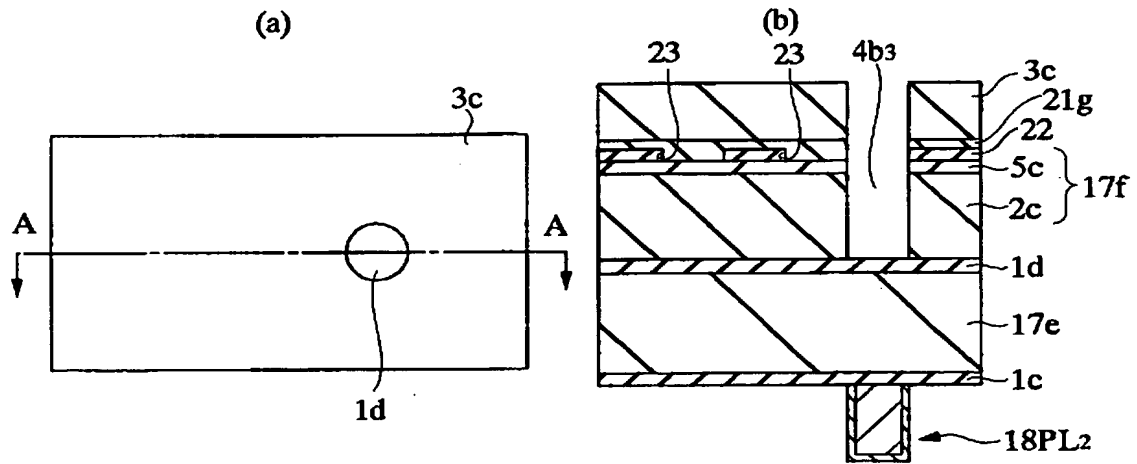
【図 79】



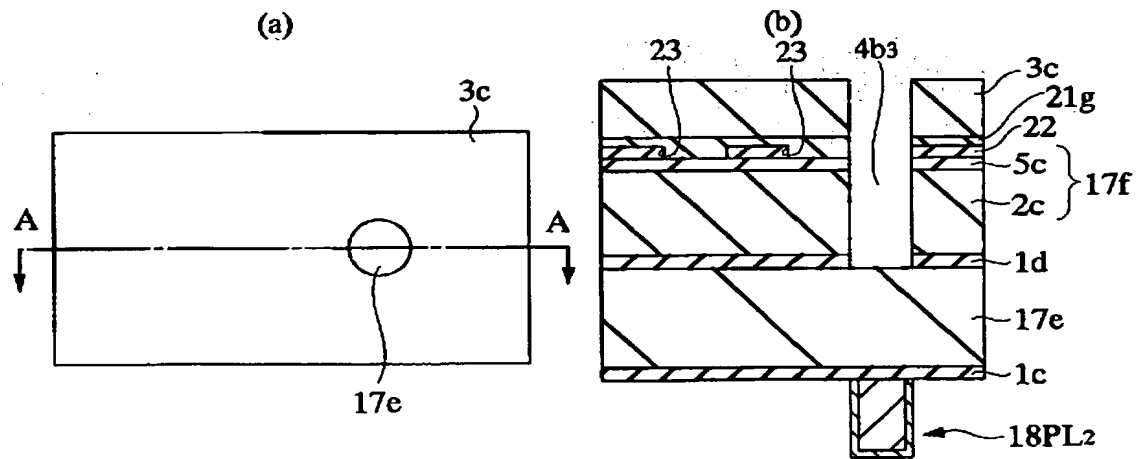
【図 80】



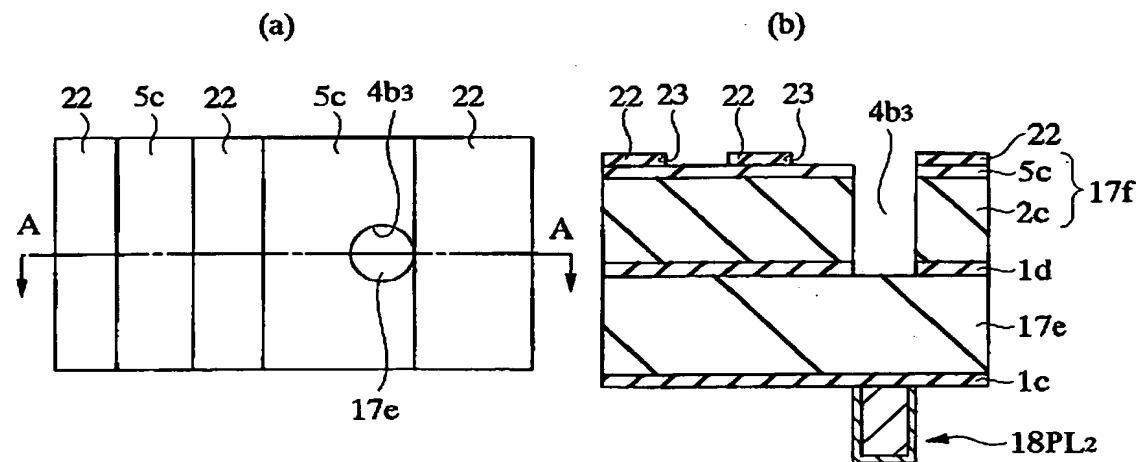
【図 8 1】



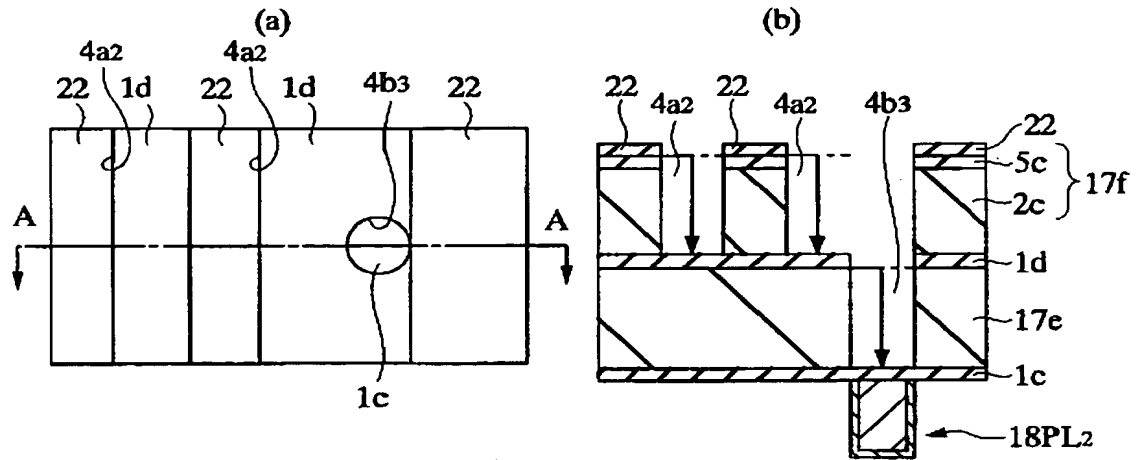
【図 8 2】



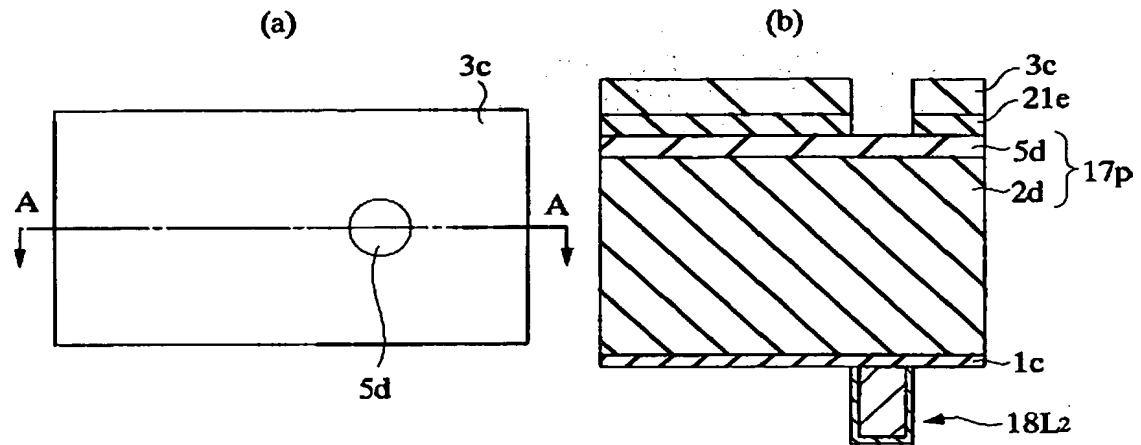
【図 8 3】



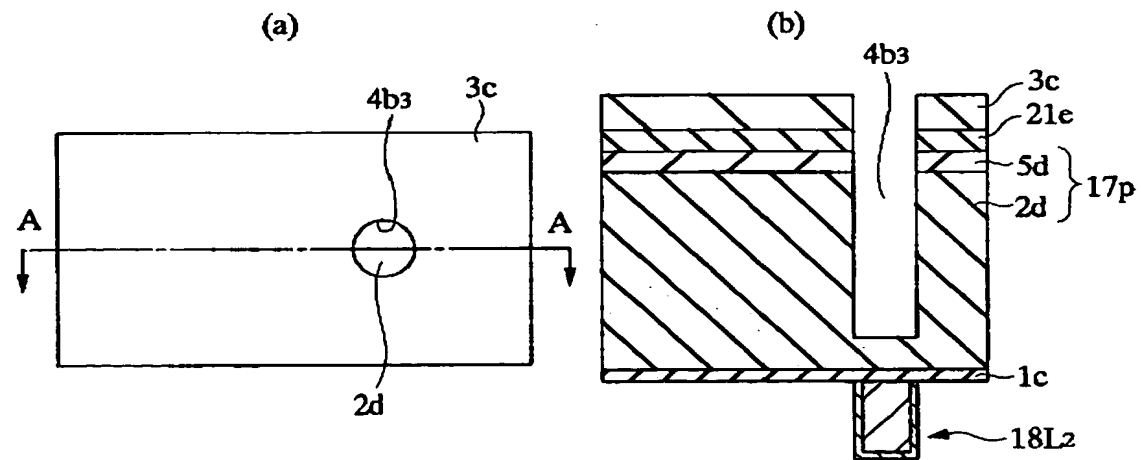
【 図 8 4 】



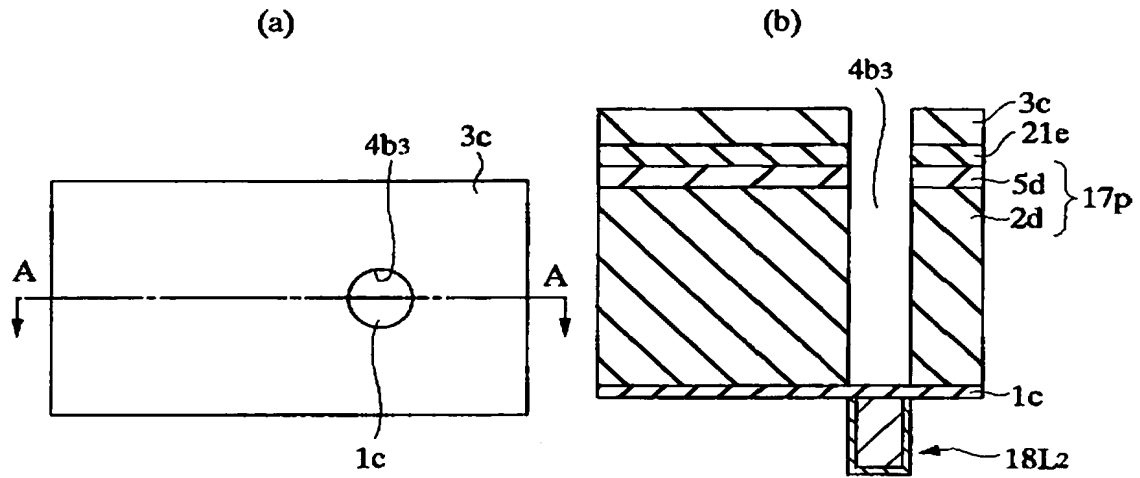
【 図 8 5 】



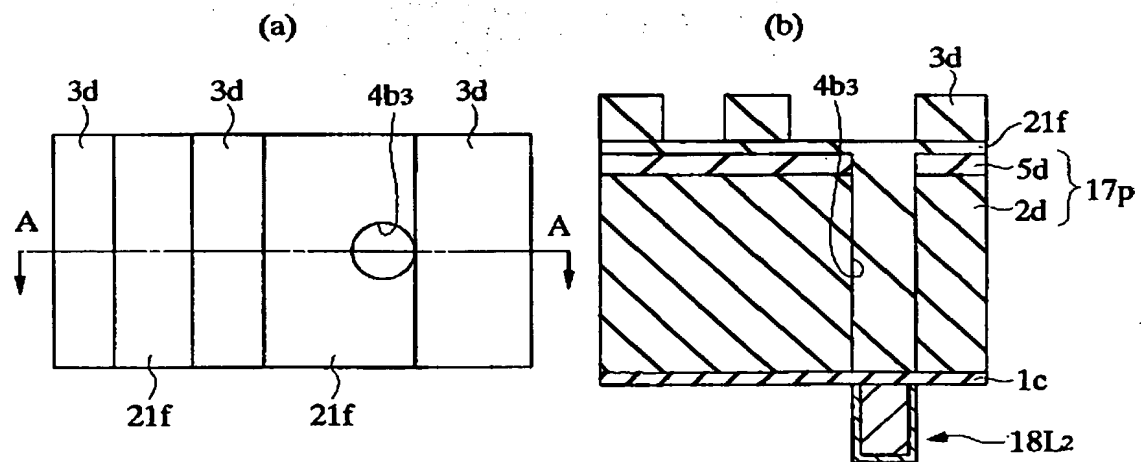
【 図 8 6 】



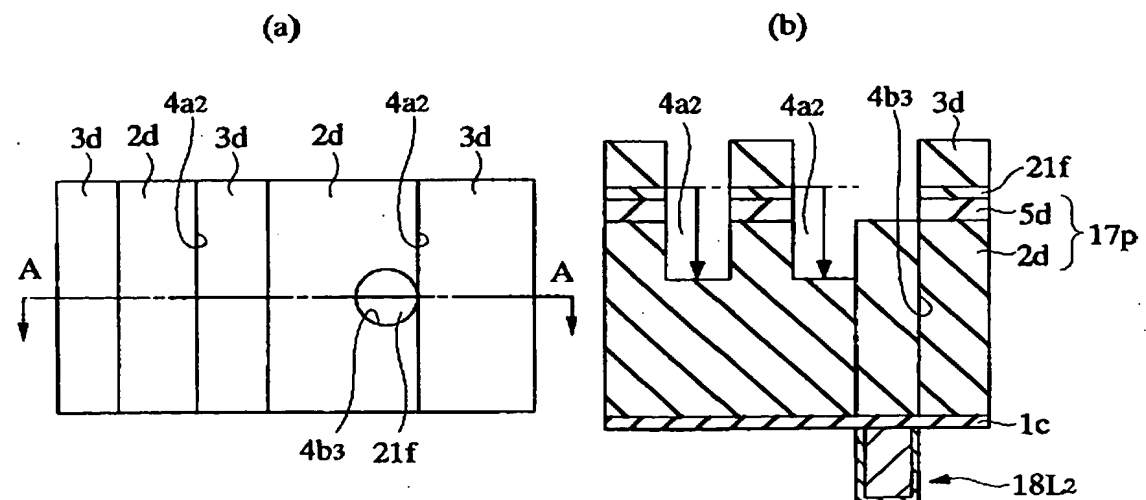
【图 8 7】



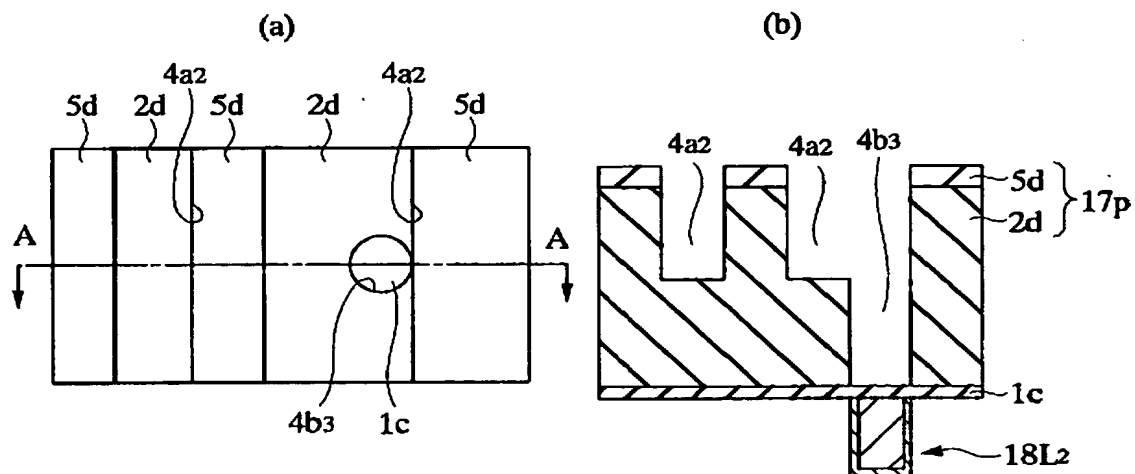
【 図 8 8 】



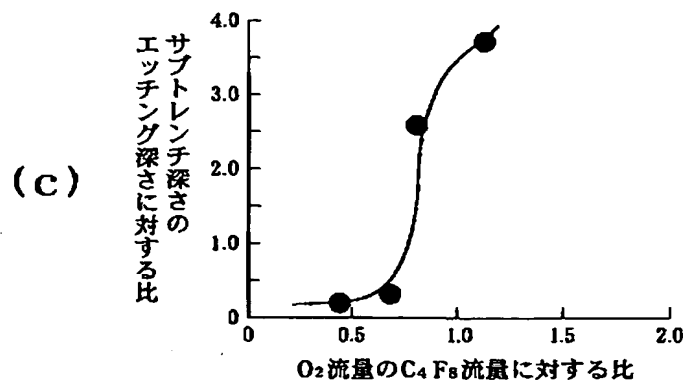
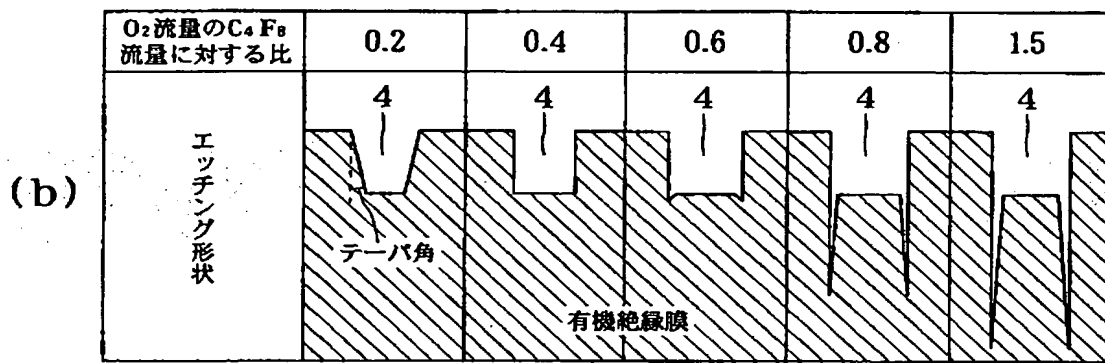
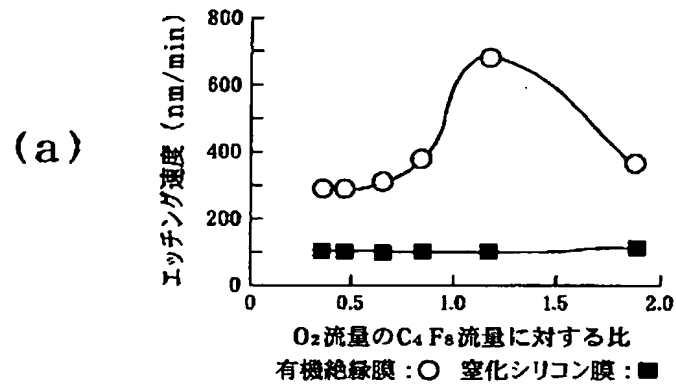
【 図 8 9 】



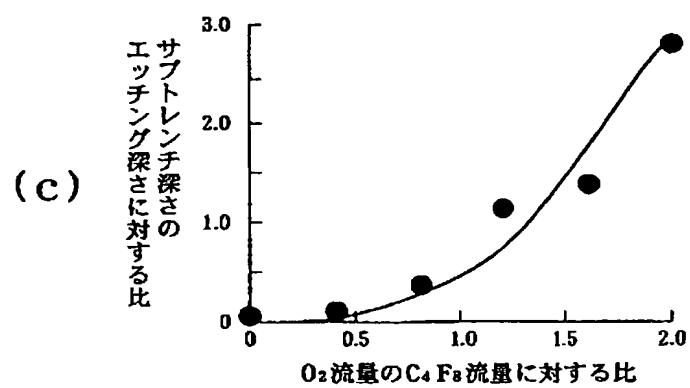
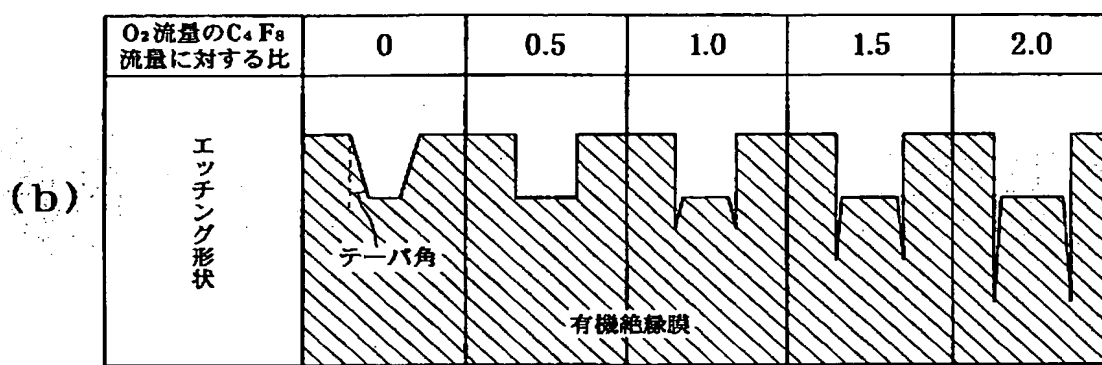
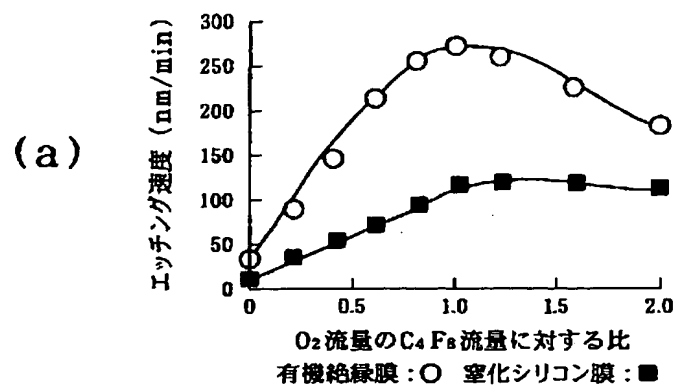
【 図 9 0 】



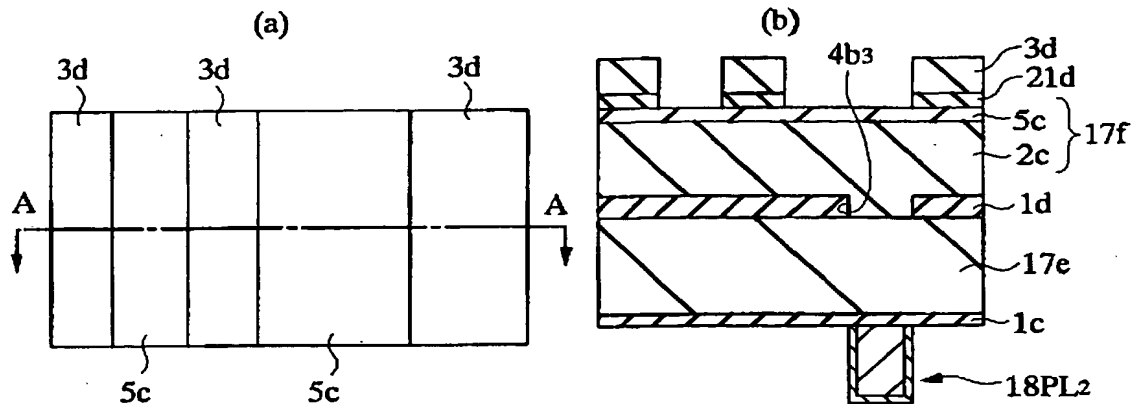
【図 9 1】



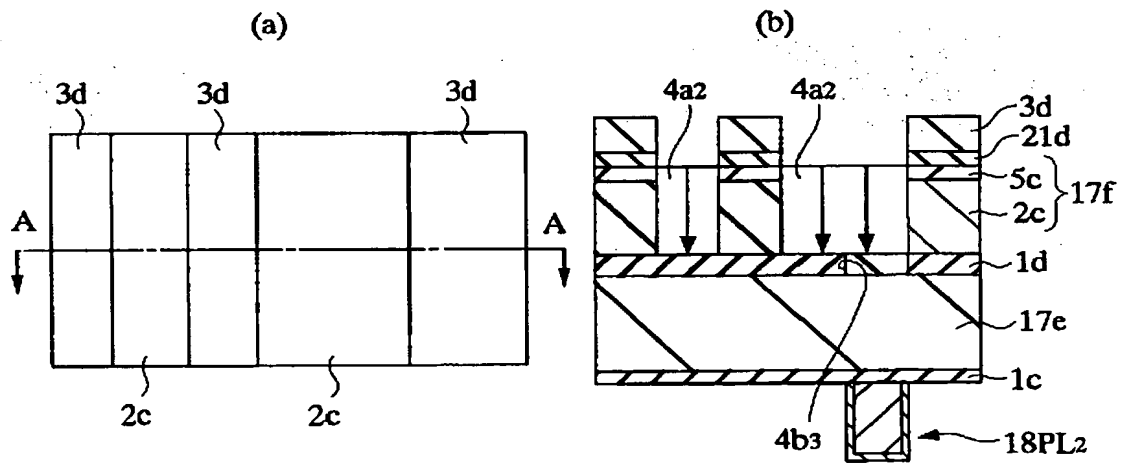
【図 9 2】



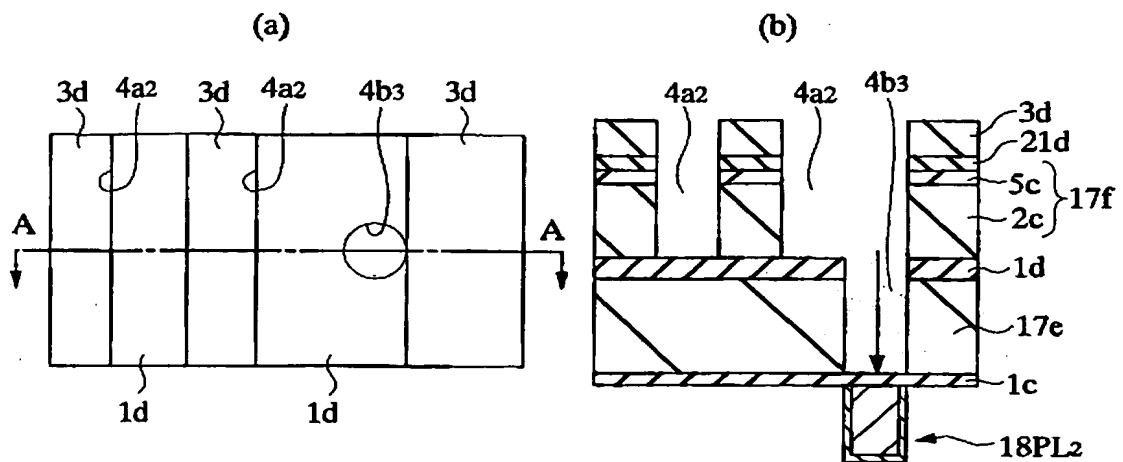
【図 9 3】



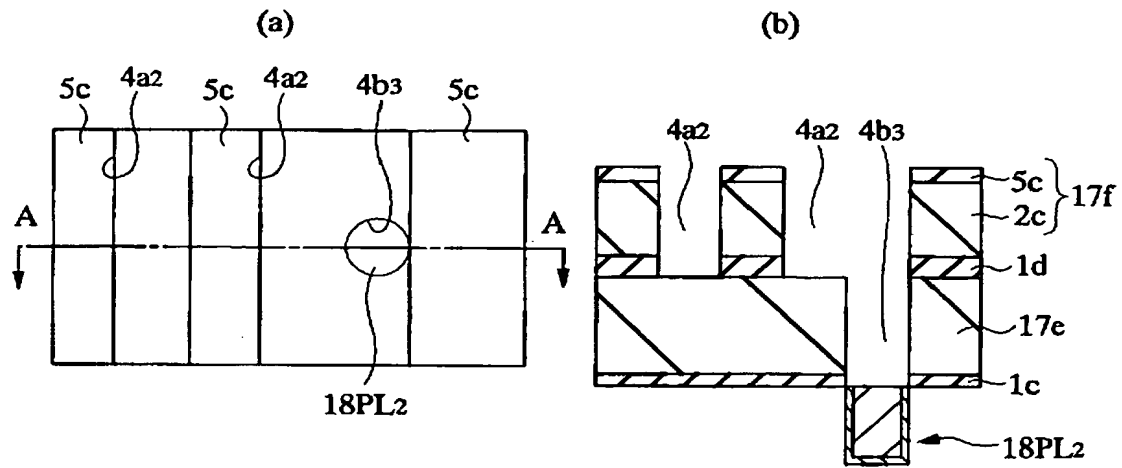
【図 9 4】



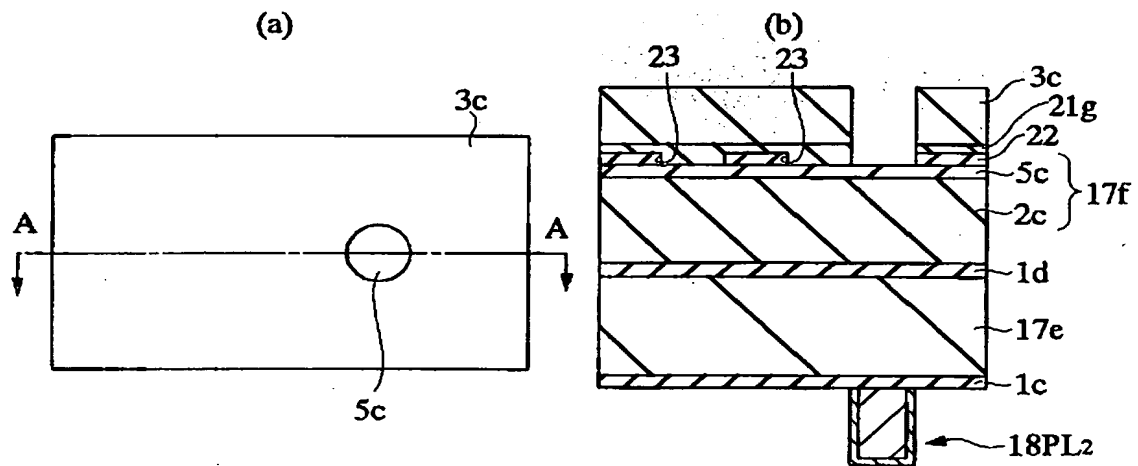
【図 9 5】



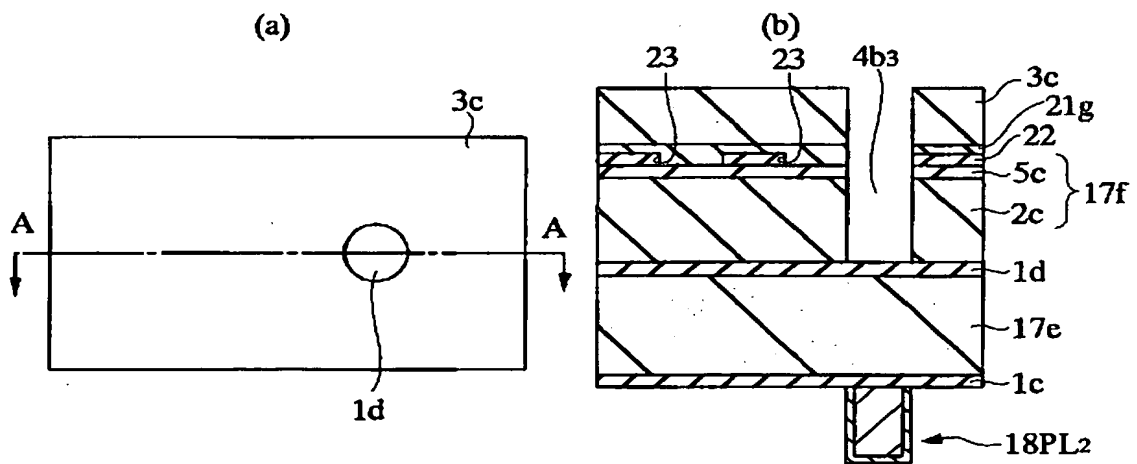
【 図 9 6 】



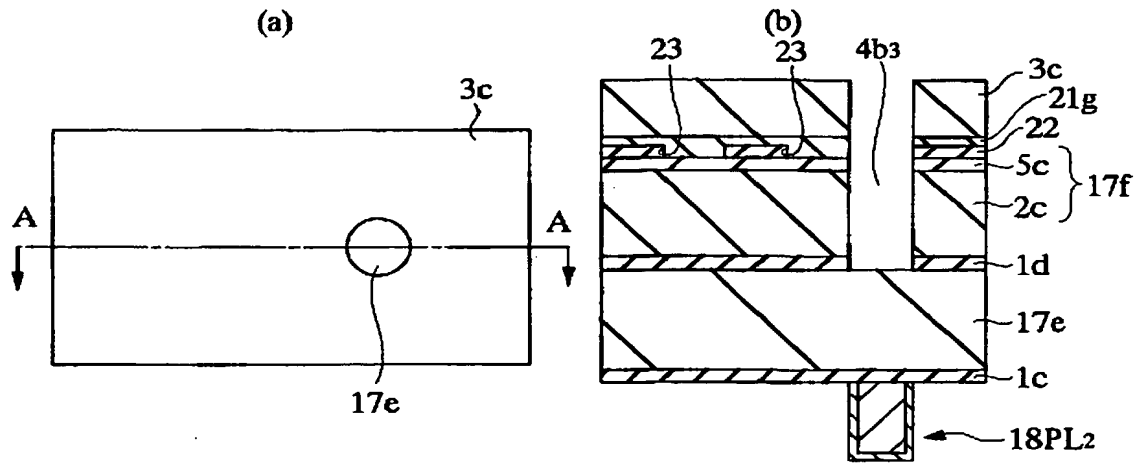
【 図 9 7 】



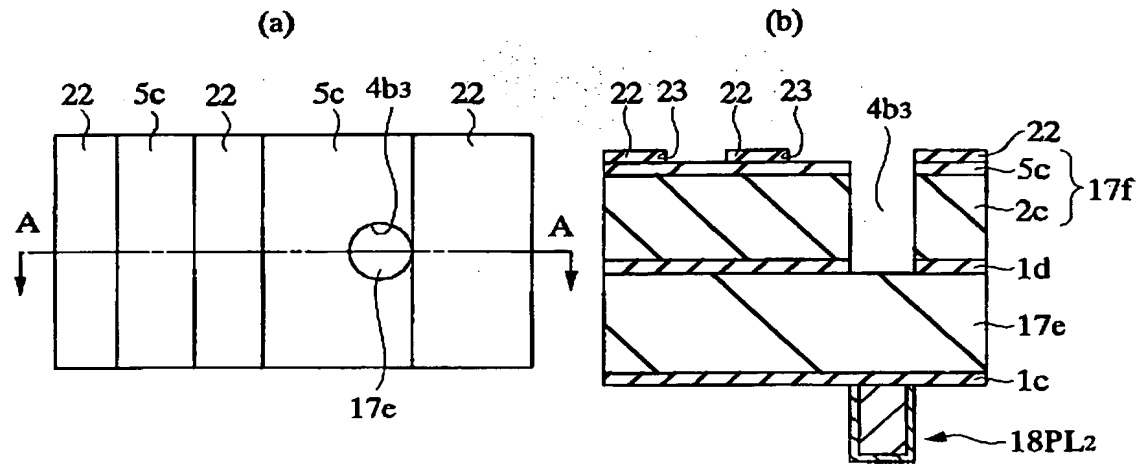
【 図 9 8 】



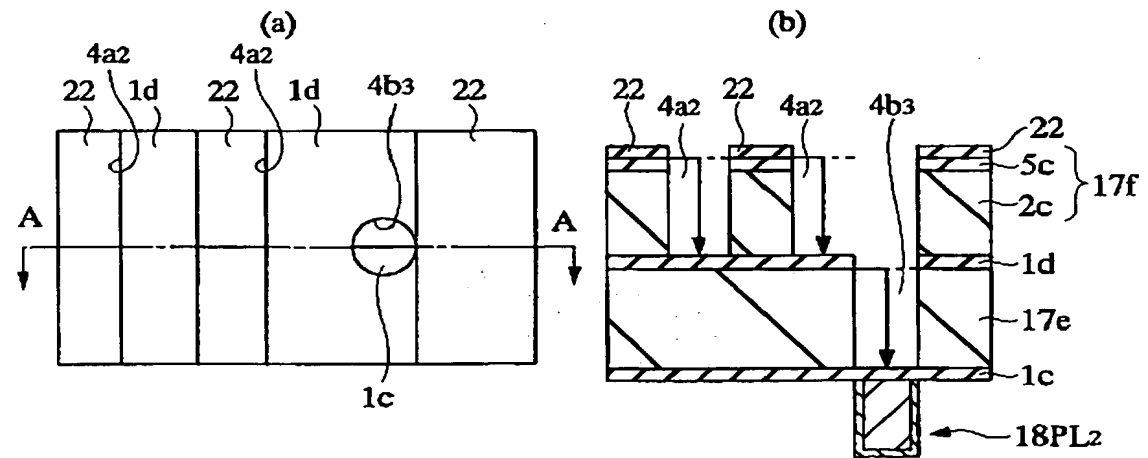
【図 99】



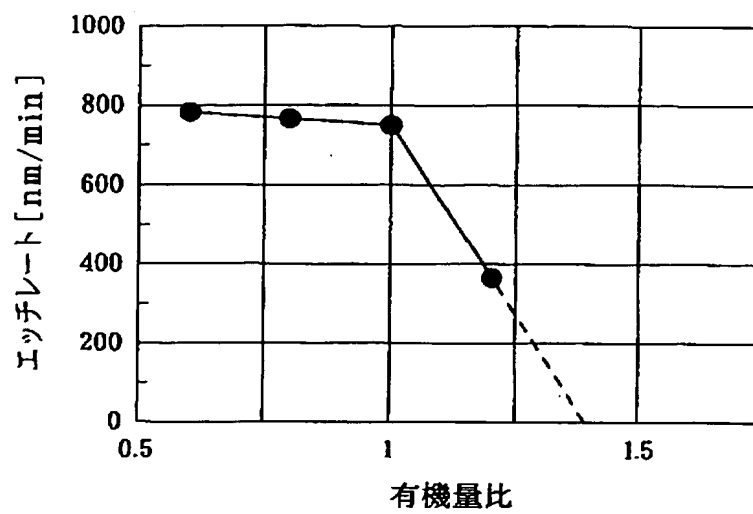
【図 100】



【図 101】



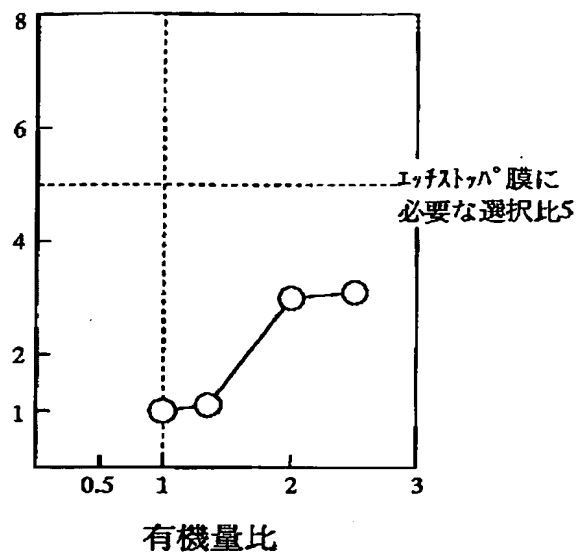
【図 102】



【図 1 0 3】

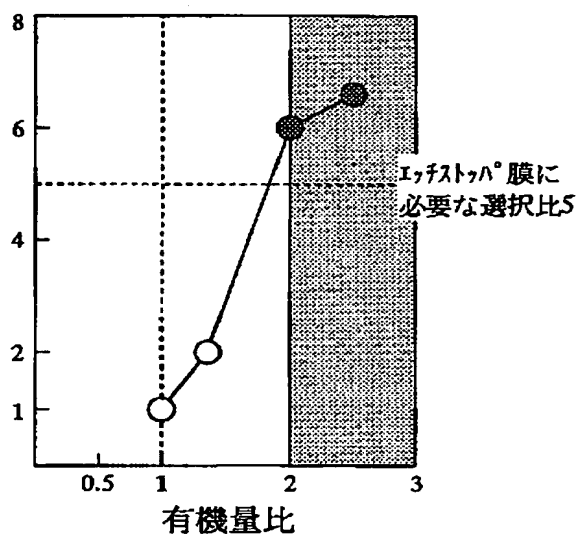
(a)

対エッチングストップパ膜の選択比

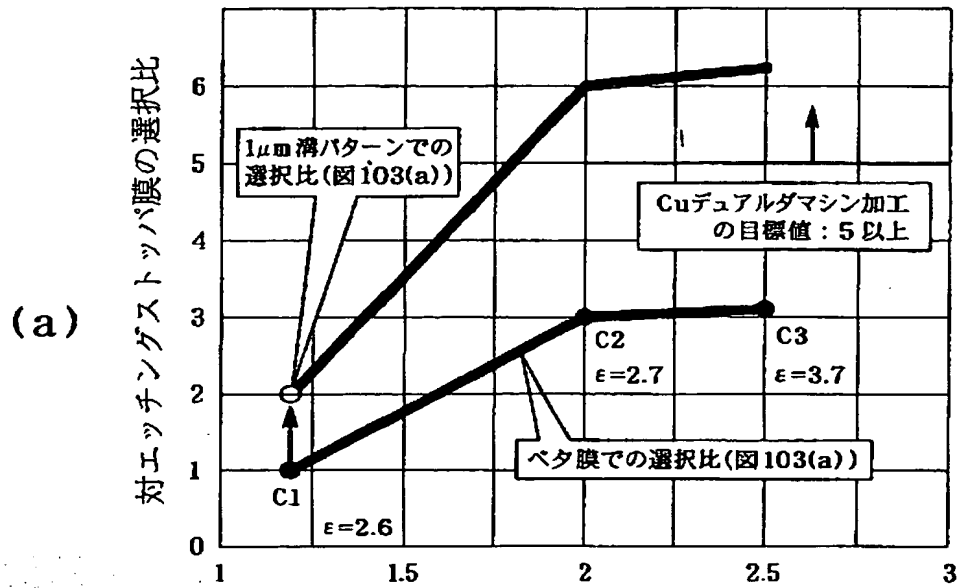


(b)

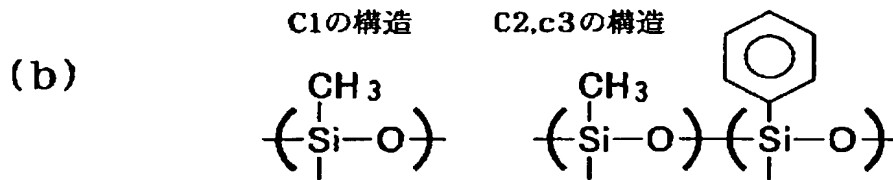
対エッチングストップパ膜の選択比



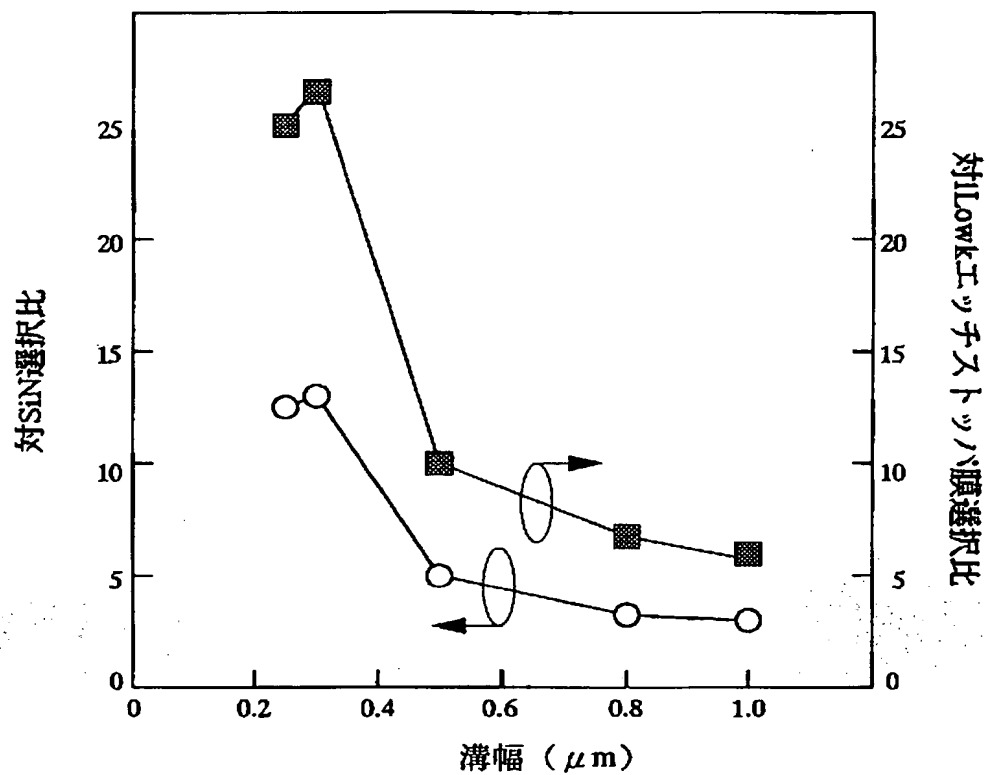
【図 104】



有機量比 (有機絶縁膜 (層間絶縁膜として使用) を1とする = 20%)



【図 105】



【図 106】

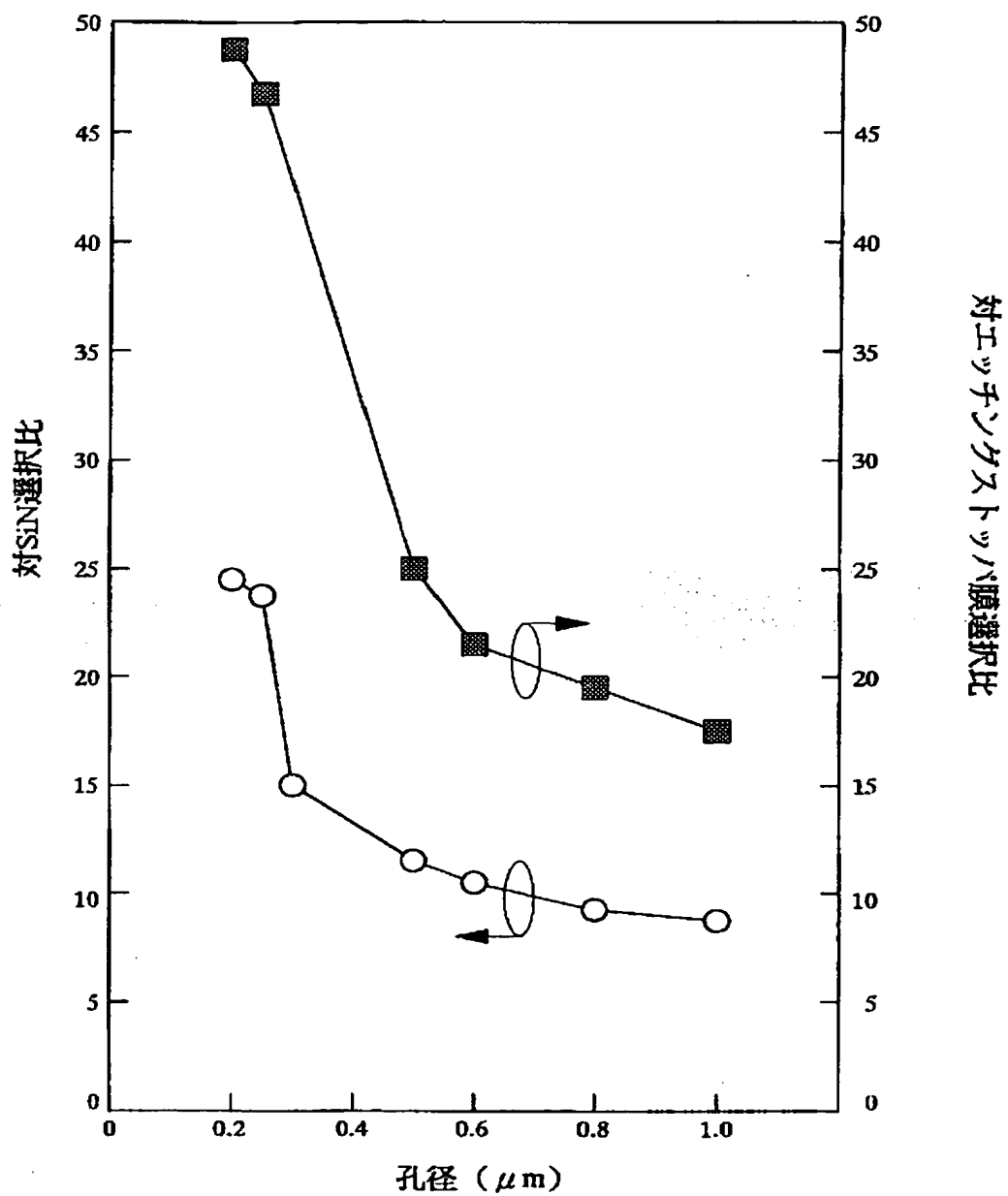
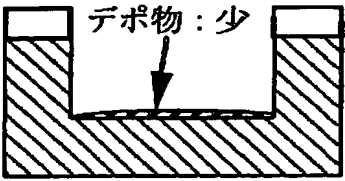
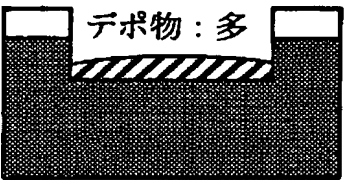


図 107

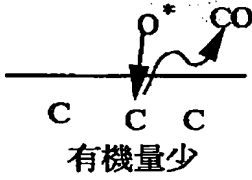
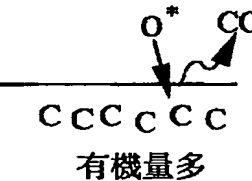
	接着性	選択比 (対有機SOG)	Cu拡散防止 リーク特性	誘電率
SiN	○	5~10	○	7.0
PTEOS	○	2~3	×	4.2
Blok	△	5~10	△	5.0
新エッチング ストップ膜	○	5~10	△	2.5~4.0

【図 108】

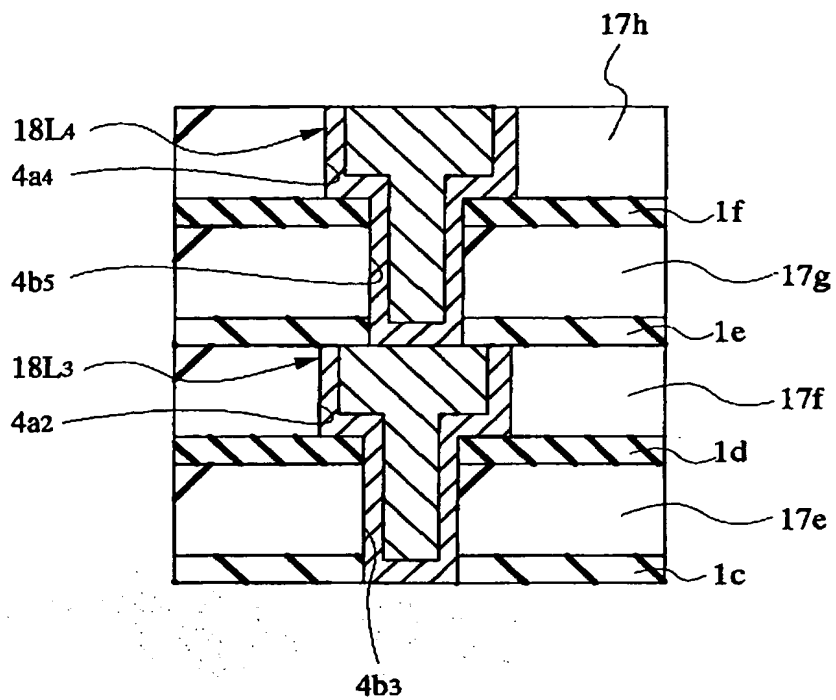
(a)

有機量	CF*消費	CF系デポ物量	エッチレート
少 (SiO多)	速い		速い
多 (SiO少)	遅い		遅い

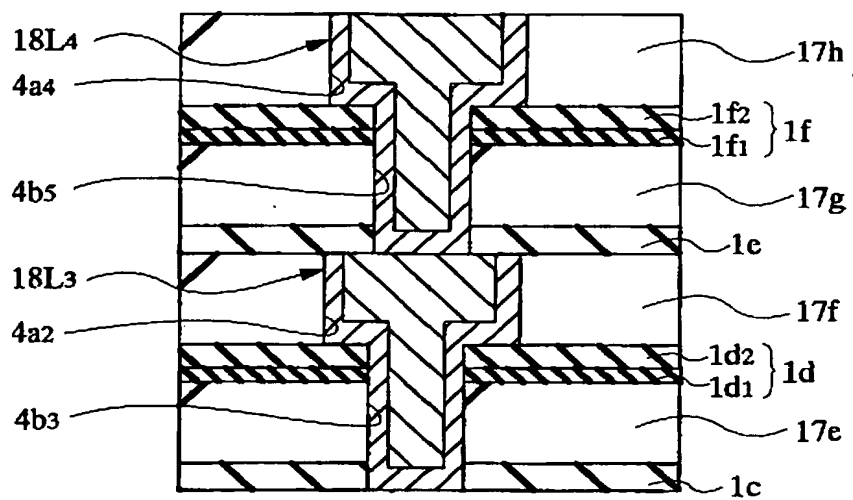
(b)

 <p>有機量少</p>	エッチレート速い
 <p>有機量多</p>	エッチレート遅い

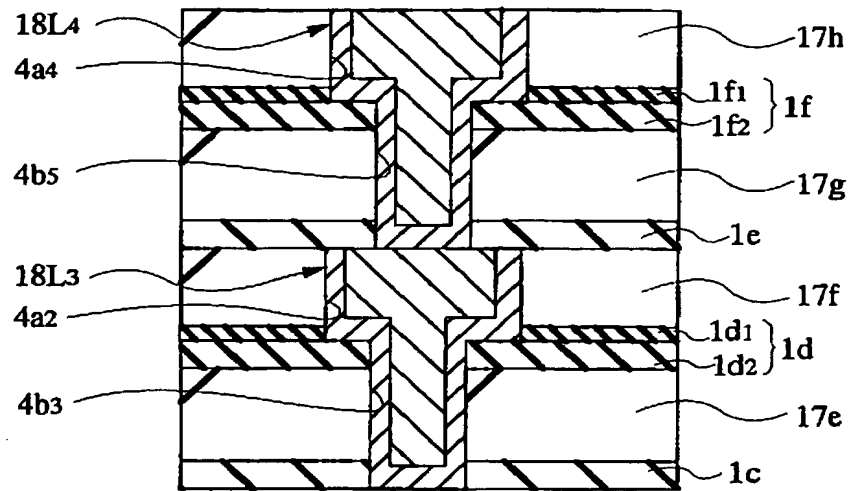
【図 109】



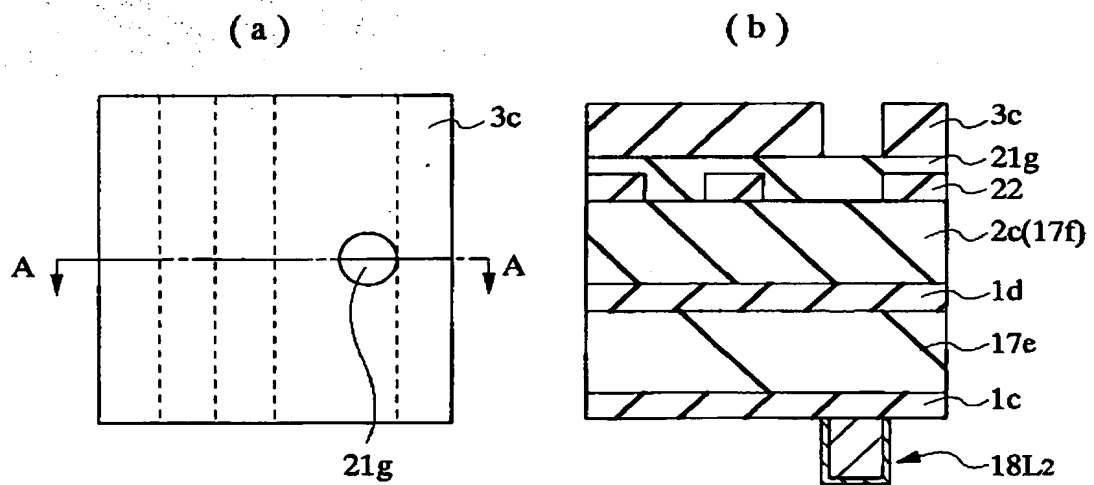
【図 110】



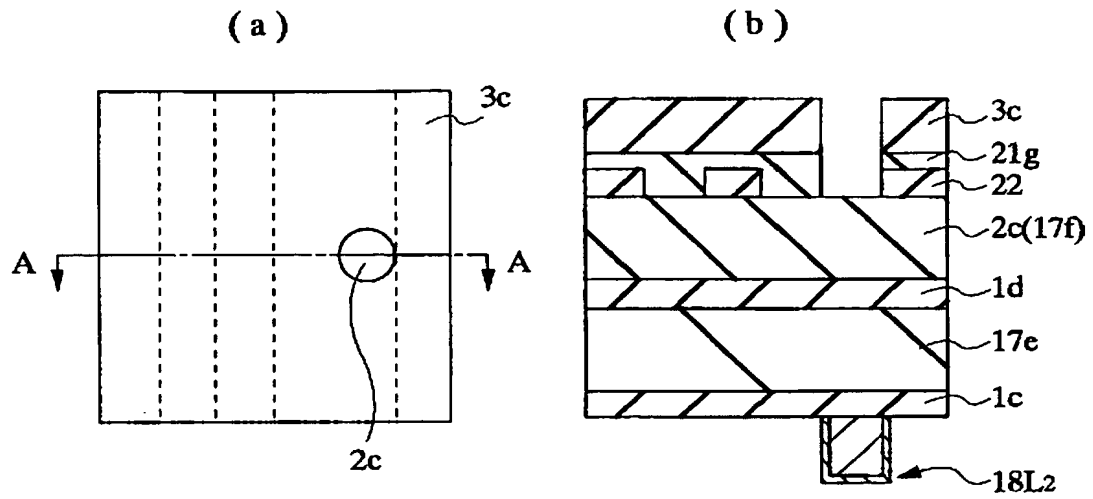
【図 1 1 1】



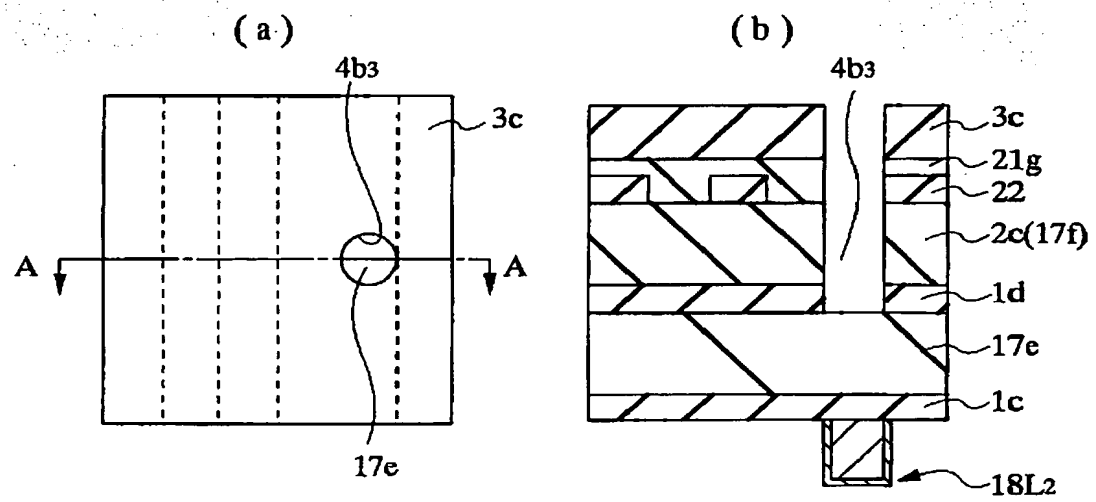
【図 1 1 2】



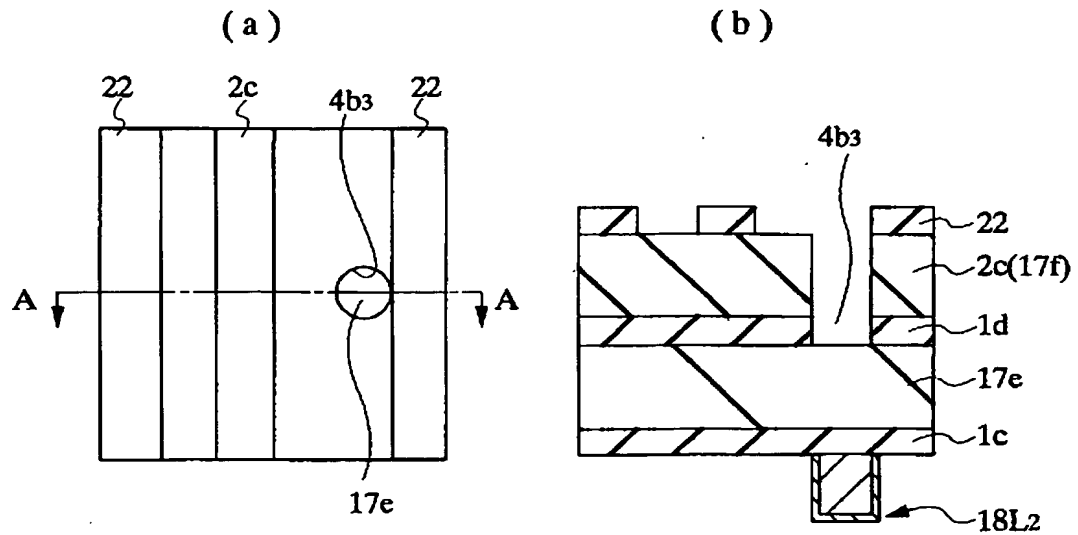
【図 1 1 3】



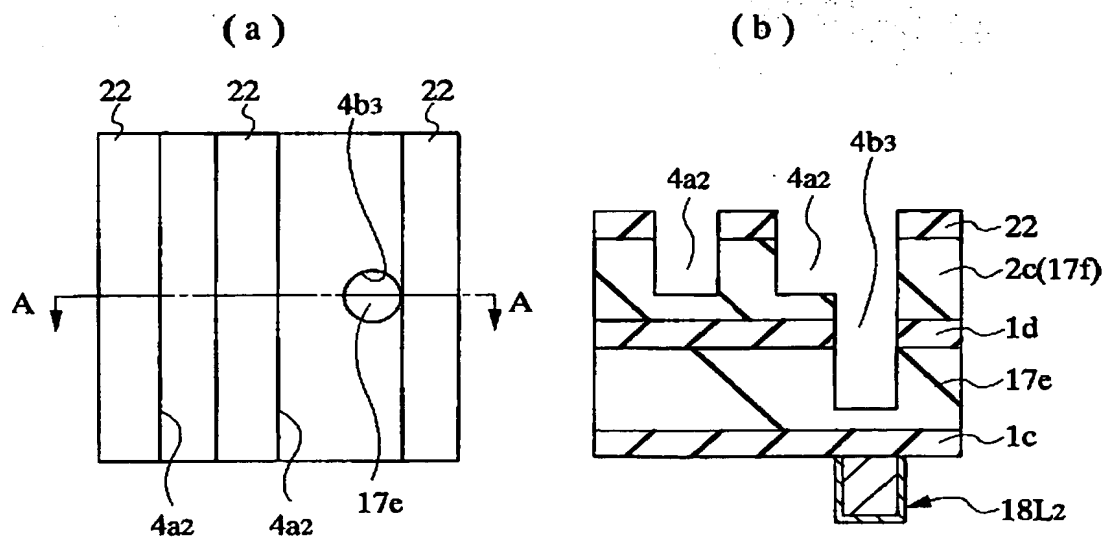
【図 1 1 4】



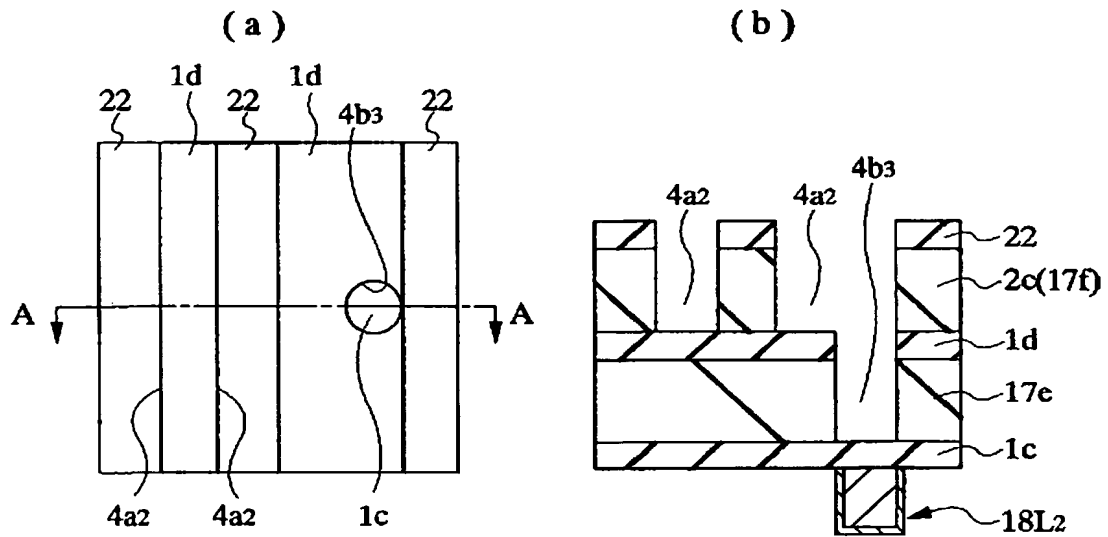
【図 115】



【図 116】



【図 1 1 7】



【手続補正書】特許協力条約第34条補正の写し提出書（職権）

【提出日】平成13年9月25日（2001.9.25）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】（補正後）以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

（a）半導体集積回路基板の第1主面上に、有機シロキサンを主成分とする第1の絶縁膜を形成する工程；

（b）前記第1の絶縁膜上に、パターニングされたマスク層を形成する工程；

（c）前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気であって、そのガス雰囲気中の最大のガス成分はアルゴンガスであるガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜に対してプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程。

【請求項2】削除

【請求項3】（補正後）請求項1記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気は酸素ガスを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項4】（補正後）請求項1記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記ガス雰囲気は酸素ガスを実質的に含まないことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項5】（補正後）以下の工程を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法：

（a）半導体集積回路基板の第1主面上に、有機シロキサンを主成分とする第1

の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記第1の有機シロキサンと比較して、炭素含有量が低い第2の有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上に、パターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含むガス雰囲気中において、前記第1の絶縁膜をエッチングストッパーとして、前記第2の絶縁膜に対してプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程。

【請求項6】請求項5記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第2の絶縁膜は前記第1の絶縁膜に比較して、膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項7】請求項6記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して、炭素含有量が50%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項8】請求項6記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は、前記第2の絶縁膜に比較して、炭素含有量が100%以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項9】削除

【請求項10】削除

【請求項11】削除

【請求項12】削除

【請求項13】以下の工程を含み、埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成する有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、第1のガス雰囲気中において、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成する工程；

(e) 前記第1の凹部が形成された状態で、第2のガス雰囲気中において、前記第1のプラズマエッチング処理に比較して、前記第1の絶縁膜に対する前記第2の絶縁膜のエッチング選択比が相対的に大きい条件下において、前記第1の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第2の絶縁膜に対して第2のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項14】請求項13記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程(d)の終了時には、前記第2の絶縁膜の初期の厚さと比較して、前記凹部底面の前記第2の絶縁膜の厚さは30%以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項15】請求項13記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程(d)の終了時には、前記第2の絶縁膜の初期の厚さと比較して、前記凹部底面の前記第2の絶縁膜の厚さは20%以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項16】請求項13記載の半導体集積回路装置の製造方法において、

前記工程(d)の終了時には、前記凹部底面の前記第2の絶縁膜の厚さは15%以下であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項17】請求項14記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第1の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項18】削除

【請求項19】削除

【請求項20】削除

【請求項21】削除

【請求項22】以下の構成を有することを特徴とする半導体集積回路装置；

(a) 半導体集積回路チップの第1主面上に設けられ、シリコン窒化物またはシリコン酸窒化物からなり、第1の開口を有する第1のシリコン窒化膜；

(b) 前記第1のシリコン窒化膜上に設けられ、前記第1のシリコン窒化膜よりも誘電率が小さい第1の有機シロキサンを主成分とし、前記第1の開口に連結した第2の開口を有する第2の絶縁膜；

(c) 前記第2の絶縁膜上に設けられ、前記第1のシリコン窒化膜よりも誘電率が小さい絶縁膜を主な構成膜とし、前記第2の開口に連結し前記第1の開口とともに第1のスルーホールを形成する第3の開口およびそれに連結した第1の配線埋込溝を有するとともに、前記第2の絶縁膜よりも厚い第1の層間絶縁膜；

(d) 前記第1のスルーホールの底面および内側面並びに前記第1の配線埋込溝の底面および内側面を覆うように設けられた第1の導電性バリア層；

(e) 前記第1の導電性バリア層が設けられた前記第1のスルーホール内および前記第1の配線埋込溝内に埋め込まれた銅を主成分とする第1の配線領域。

【請求項23】請求項22記載の半導体集積回路装置において、前記第2の絶縁膜は、前記第1のシリコン窒化膜よりも厚いことを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項24】請求項23記載の半導体集積回路装置において、前記第1の層間絶縁膜は、前記第1の有機シロキサンと比較して炭素数が少ない第2の有機シロキサンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置。

【請求項25】以下の工程を含み、埋込配線を有する半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第1主面上に、前記埋込配線を構成する第1の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第1の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成するための有機シロキサンを主成分とする第2の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第2の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含む第1のガス雰囲気中において、前記第2の絶縁膜に対して第1のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第2の絶縁膜に第1の凹部を形成して、前記第1の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項26】請求項25記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記

第１の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項２７】請求項２６記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第１のガス雰囲気最大のガス成分はアルゴンガスであることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項２８】請求項２７記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第１のガス雰囲気は酸素ガスを含むことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項２９】請求項２７記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第１のガス雰囲気は酸素ガスを実質的に含まないことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項３０】（補正後）以下の工程を含み、埋込配線を有する半導体集積回路装置の製造方法；

（ａ）半導体集積回路基板の第１主面上に、前記埋込配線の層間絶縁膜を形成し、第１の有機シロキサンを主成分とする第１の絶縁膜を形成する工程；

（ｂ）前記第１の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成し、前記第１の絶縁膜よりも膜厚が薄い、前記第１の有機シロキサンとは成分が異なる第２の有機シロキサンを主成分とする第２の絶縁膜を形成する工程；

（ｃ）前記第２の絶縁膜上にパターンニングされたマスク層を形成する工程；

（ｄ）前記マスク層が有る状態で、フロロカーボンを含むエッチングガス及び窒素ガスを含む第１のガス雰囲気中において、前記第１の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第２の絶縁膜に対して第１のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第２の絶縁膜に第１の凹部を形成して、前記第１の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項３１】請求項３０記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第２の絶縁膜は、前記第１の絶縁膜に比較して膜厚が厚いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項３２】請求項３１記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第１の絶縁膜は、前記第２の絶縁膜に比較して炭素含有量が５０％以上多いこと

を特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 3 3】請求項 3 1 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は、前記第 2 の絶縁膜に比較して炭素含有量が 1 0 0 % 以上多いことを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 3 4】請求項 3 1 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) における前記第 2 の絶縁膜の前記第 1 の絶縁膜に対するエッチング選択比は 4 以上であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 3 5】請求項 3 1 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記工程 (d) における前記第 2 の絶縁膜の前記第 1 の絶縁膜に対するエッチング選択比は 5 以上であることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 3 6】以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線メタルを一度に埋め込むデュアルダマシン型の埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、前記埋込配線を構成する第 1 の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成する有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上にパターニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、第 1 のガス雰囲気中において、前記第 2 の絶縁膜に対して第 1 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 2 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成する工程；

(e) 前記第 1 の凹部が形成された状態で、第 2 のガス雰囲気中において、前記第 1 のプラズマエッチング処理に比較して、前記第 1 の絶縁膜に対する前記第 2 の絶縁膜のエッチング選択比が相対的に大きい条件下で、前記第 2 の絶縁膜に対して第 2 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項 3 7】請求項 3 6 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は、窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 38】以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線メタルを一度に埋め込むデュアルダマシンの埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、前記埋込配線を形成するための第 1 の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に、前記埋込配線を形成するための有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上にパターンニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガスおよび窒素ガスを含む第 1 のガス雰囲気中において、前記第 1 の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第 2 の絶縁膜に対して第 1 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 2 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成して、前記第 1 の絶縁膜を露出させる工程。

【請求項 39】請求項 38 記載の半導体集積回路装置の製造方法において、前記第 1 の絶縁膜は窒化シリコンを主成分とすることを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 40】（補正後）以下の工程を含み、配線層間の相互接続のためのプラグ領域と埋込配線とを形成するための導体膜を一度に埋め込むデュアルダマシンの埋込配線を有することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法；

(a) 半導体集積回路基板の第 1 主面上に、前記埋込配線の層間絶縁膜を構成し、第 1 の有機シロキサンを主成分とする第 1 の絶縁膜を形成する工程；

(b) 前記第 1 の絶縁膜上に、前記埋込配線を構成し、前記第 1 の絶縁膜よりも膜厚が薄い、前記第 1 の有機シロキサンとは成分が異なる第 2 の有機シロキサンを主成分とする第 2 の絶縁膜を形成する工程；

(c) 前記第 2 の絶縁膜上にパターンニングされたマスキング層を形成する工程；

(d) 前記マスキング層が有る状態で、フロロカーボンガスを含むエッチングガス及び窒素ガスを含む第 1 のガス雰囲気中において、前記第 1 の絶縁膜をエッチングストップとして、前記第 2 の絶縁膜に対して第 1 のプラズマエッチング処理を施すことにより、前記第 2 の絶縁膜に第 1 の凹部を形成して、前記第 1 の絶縁

膜を露出させる工程。

【国際調査報告】

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JPO0/04046	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ¹ H01L21/768, H01L21/3065			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ¹ H01L21/768, H01L21/3065			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1926~1996年 日本国公開実用新案公報 1971~2000年 日本国登録実用新案公報 1994~2000年 日本国実用新案登録公報 1996~2000年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	J P, 63-244738, A (日本電信電話株式会社) 12. 10月. 1988 (12. 10. 88), 全文 (ファミリーなし)	1, 4, 9-12	
Y		2, 3, 25-35, 38-40	
Y	U S, 5763954, A (三菱電機株式会社) 9. 6月. 1998 (09. 06. 98), 全文 & J P, 9-55425, A	1-4, 9-17, 25-29, 36-39	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 07. 09. 00		国際調査報告の発送日 19.09.00	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 土屋 知久 (印) 4 L 8826 電話番号 03-3581-1101 内線 6764	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/04046

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 10-150105, A (ソニー株式会社) 2. 6月. 1998 (02. 06. 98), 全文 (ファミリーなし)	9-12
Y		1-8, 13-21, 25-39
Y	US, 5889330, A (三菱電機株式会社) 30. 5月. 1999 (30. 05. 99), 第17欄第64行-第22欄第40行及び図3& J P, 7-106328, A&DE, 1954964 2, A&TW, 262581, A&KR, 149237, A	5-8, 18-24, 30-35, 40
Y	J P, 9-321024, A (株式会社東芝) 12. 12月. 1997 (12. 12. 97), 全文 (ファミリーなし)	13-17, 36, 37
Y	J P, 7-283306, A (三菱電機株式会社) 27. 10月. 1995 (27. 10. 95), 全文 (ファミリーなし)	17, 22-29, 36-39

フロントページの続き

- (72)発明者 湯之上 隆
東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式
会社日立製作所 デバイス開発センタ内
- (72)発明者 田子 一農
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 野尻 一男
東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式
会社日立製作所 デバイス開発センタ内
- (72)発明者 町田 俊太郎
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所 中央研究所内
- (72)発明者 徳永 尚文
東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式
会社日立製作所 デバイス開発センタ内

(注) この公表は、国際事務局 (W I P O) により国際公開された公報を基に作成したものである。

なおこの公表に係る日本語特許出願 (日本語実用新案登録出願) の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項 (実用新案法第48条の13第2項) により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。